

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA



**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE RIEGO DEL
CASERIO DE MOSSA-DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA-
PROVINCIA DE MORROPÓN-PIURA”.**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

BR. RICHARD CÓRDOVA CARHUAPOMA

PIURA - PERÚ

2015

7405
COR.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA

**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE RIEGO DEL CASERIO
DE MOSSA-DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA-PROVINCIA DE
MORROPÓN-PIURA”.**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

EJECUTADA POR:

DR. MARIO ANTONIO MONTERO TORRES

ASESOR

ING. WALTER MARIO RAMÍREZ CHACÓN

Co-ASESOR

BR. RICHARD CÓRDOVA CARHUAPOMA

TESISTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA

**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE RIEGO DEL CASERIO
DE MOSSA- DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA- PROVINCIA DE
MORROPÓN- PIURA”.**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADA POR:

DR. WASHINGTON Z. CALDERÓN CASTILLO

PRESIDENTE

DR. FERNANDO A. NOÉ CISNEROS

VOCAL

ING. MIGUEL GALECIO JULCA M.Sc.

SECRETARIO

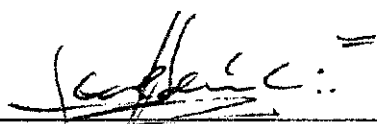


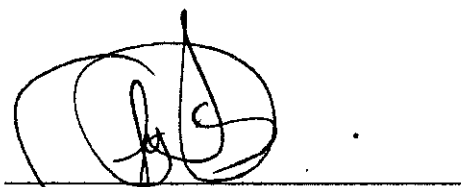
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS 027-2014-CIAFA-UNP

Los miembros del jurado calificador que suscriben, congregados para estudiar el Trabajo de Tesis denominado "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - PROVINCIA DE MORROPÓN - PIURA", conducido por el **BR. CORDOVA CARHUAPOMA RICHARD**, asesorado por el Dr. Mario Antonio Montero Torres y co asesorado por el Ing. Walter Mario Ramírez Chacón.

Luego de oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran APROBADO, en consecuencia queda en condiciones de ser calificado **APTO** para gestionar ante el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, el **Título Profesional de Ingeniero Agrícola** de conformidad con lo estipulado en el artículo N° 171, inciso 2° del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 15 de diciembre del 2014



Dr. Washington Z. Calderón Castillo
Presidente

Dr. Fernando A. Noé Cisneros
Vocal

Ing. Miguel Galecio Julca M.Sc.
Secretario



DEDICATORIA

A mis padres, Pedro José Córdova Granda y Efigenia Carhuapoma Salvador, quienes supieron inculcarme los valores y responsabilidad en los estudios, y mis hermanas Elizabeth Claudia, María Eugenia y Dania Talía, por su alegría y motivación para quienes este trabajo es el reconocimiento a ese esfuerzo y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Los agradecimientos están dirigidos a todas las personas y entidades que hicieron posible la realización de esta investigación, denominada “Mejoramiento del Sistema Hidráulico de riego del caserío de Mossa-Distrito Santa Catalina de Mossa-Provincia de Morropón-Piura”, principalmente a nuestro padre Dios por las fuerzas y perseverancia para concluir con este trabajo.

A la Municipalidad Distrital Santa Catalina de Mossa, representada por su Ex-alcalde Prof. Esguard José Rodríguez Ramírez (periodo 2011-2014), principal impulsador de esta tesis.

A mis asesores Dr. Mario Antonio Montero Torres e Ing. Walter Mario Ramírez Chacón, por el apoyo incondicional en el desarrollo de la investigación.

A los técnicos y profesionales por sus aportes en conocimientos y experiencias para el desarrollo de la investigación.

A la población del caserío de Mossa, por el apoyo y participación durante el estudio de investigación en beneficio de su comunidad.

**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE RIEGO DEL CASERÍO DE
MOSSA-DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA-PROVINCIA DE
MORROPÓN-PIURA”.**

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos	2
1.2. Justificación	2
1.3. Ubicación y acceso	3
1.4. Aspectos Socio-Económicos	8

CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRAFICA ó MARCO TEÓRICO

2.1. Estudio hidrológico	17
2.2. Riego	20
2.3. Sistemas de Riego existentes	25
2.4. Diseño de canales y obras de arte	26
2.4.1. Modelos teóricos	28
2.4.2. Diseño hidráulico de obras de arte	44
2.5. Estudio de mecánica de suelos	67
2.6. Estudio topográfico	68
2.7. Estudio de calidad de aguas	70
2.6. Marco legal	70
2.7. Glosario	72

**CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS: METODOLOGÍA,
MODELOS TEÓRICOS Y EMPÍRICOS**

3.1. Metodología de estudio	73
3.2. Estudió Hidrológico	74
3.3. Riego	77
3.4. Diseño hidráulico de canal	78
3.5. Diseño hidráulico de obras de arte	

3.5.1. Rápida	79
3.5.2. Caídas	83
3.5.3. Puente canal o acueducto	84

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Cálculo de los Factores de riego	
4.1.1. Precipitación	86
4.1.1.1. Precipitación efectiva	88
4.1.2. Temperatura	90
4.1.3. Humedad Relativa	91
4.1.4. Cálculo de la Evapotranspiración	92
4.1.5. Diseño Agronómico	92
4.2. Oferta y demanda de Hídrica	
4.2.1. Análisis de la demanda sin proyecto y con proyecto	95
4.2.2. Análisis de la oferta y balance hídrico sin proyecto y con proyecto	97
4.3. Levantamiento topográfico	101
4.3.1. Infraestructura de riego del caserío de Mossa	
4.4. Infraestructura de Riego – Diseño Hidráulico	
4.4.1. Canal	104
4.4.2. Rápida	106
4.4.3. Caída	119
4.4.4. Acueducto o Puente Canal	122
4.5. Infraestructura de Riego - Diseño Estructural	
4.5.1. Canal	126
4.5.2. Reservorio	129
4.5.3. Acueducto o Puente canal	132

4.6. Análisis Económico de Beneficio – Costo.	153
4.7. Desarrollo del Plan de Capacitación.	168
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	171
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	173
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	174
CAPÍTULO VIII: ANEXOS	
➤ Anexo N°8.1. Cuadros de Datos climatológicos de la estación CO-Morropón y CP- Chalaco	
➤ Anexo N°8.2. Cuadros de Datos climatológicos de la zona de estudio	
➤ Anexo N°8.3. Resultados de Estudio de mecánica de suelos laboratorio: cuadros, gráficas y Resultados de ensayos de laboratorio del estudio de mecánica de suelos (canal la Aravisca y los García).	
➤ Anexo N°8.4. Cálculos por software H-canales V. 3.0	
➤ Anexo N°8.5. Cuadro de resultados del Análisis físico- químico de las fuentes hídricas	
➤ Anexo N°8.6. Constancia de capacitación a los comités de usuarios de los canales de Mossa	
➤ Anexo N°8.7. Evidencia fotográfica	
➤ Anexo N°8.8. Planos:	
• Ubicación general del proyecto. (plano N°01)	
• Perfil y planta de los canales. (plano N°02 – 08)	
• Secciones transversales (plano N°09 – 15)	
• Diseños de obras de arte	
○ Reservorio (plano N°16, 17)	
○ Rápida (plano N°18)	
○ Caída (plano N°19)	
○ Acueducto (plano N°20)	

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro N°1.1. Vías de acceso a la zona de estudio. Pág. N°04
- Cuadro N°1.2. Estaciones meteorológicas enmarcadas en el ámbito de estudio. Pág. N°05
- Cuadro N°1.3. Comisión de Regantes La Gallega - Morropón masas mensuales del Río la Gallega en MMC/mes, Datos: DEPECH (72-86) y completados por correlación (1971-2006) Pág. N°08
- Cuadro N° 1.4. Distribución demográfica de la zona de estudio. Pág. N°09
- Cuadro N° 1.5. Servicios de Salud del centro poblado. Pág. N°10
- Cuadro N° 1.6. Resumen de la población estudiantil a nivel Inicial. Pág. N°10
- Cuadro N° 1.7. Resumen de la población estudiantil a nivel Primario. Pág. N°11
- Cuadro N° 1.8. Resumen de la población estudiantil a nivel Secundario. Pág. N°11
- Cuadro N° 1.9. Servicio de Agua Entubada. Pág. N°12
- Cuadro N° 1.10. Servicio sanitario de eliminación de excretas. Pág. N°12
- Cuadro N° 1.11. Servicio de electricidad, telefonía y radiodifusión. Pág. N°13
- Cuadro N°1.12. Inventario de infraestructura de riego de la zona de estudio. Pág. N°16
- Cuadro N°2.1. Eficiencia de riego sin proyecto. Pág. N°24
- Cuadro N°2.2. Eficiencia de riego sin proyecto. Pág. N°24
- Cuadro N°2.3. Elementos geométricos de secciones de canal. Pág. N°30
- Cuadro N°2.4. Valores de “n” dados por Hortón para ser usados en las fórmulas de Ganguillet-Kutter y de Manning. Pág. N°31
- Cuadro N°2.5. Velocidades máximas recomendadas en función a las características del suelo. Pág. N°33
- Cuadro N°2.6. Pendientes laterales apropiadas para canales contruidos en diferentes clases de materiales. Pág. N°34
- Cuadro N°2.7. Taludes recomendados en función del material. Pág. N°35
- Cuadro N°2.8. Ancho de solera en función del caudal. Pág. N°35
- Cuadro N°2.9. Borde libre en relación con el caudal. Pág. N°36
- Cuadro N°2.10. Borde libre en relación con el ancho de solera. Pág. N°36

• Cuadro N°2.11. Coeficientes c_x y c_0 recomendados.	Pág. N°65
• Cuadro N°3.1. Ejemplo de PP. en mm.	Pág. N°75
• Cuadro N°3.2. Ejm. cálculo de la P_{efec} .	Pág. N°76
• Cuadro N°3.3. Ejm. cálculo de la Evapotranspiración	Pág. N°77
• Cuadro N°3.4. Cálculo de los valores de los tirantes de cada tramo del canal La Aravisca	Pág. N°79
• Cuadro N°4.1. Relación geográfica de la zona de estudio.	Pág. N°86
• Cuadro N°4.2. Valores de la precipitación (mm), para la zona de estudio.	Pág. N°86
• Cuadro N°4.3. Valores promedios mensuales de la precipitación (mm) entre 2004-2010.	Pág. N°87
• Cuadro N°4.4. Valores calculados de la precipitación efectiva al 75% y de acuerdo a WPS-USA	Pág. N°88
• Cuadro N°4.5. Valores de la precipitación efectiva calculados con el software FAO-CROPWAT 8.0	Pág. N°88
• Cuadro N°4.6. Valores de Precipitación efectiva entre WPS-USA y FAO CROPWAT.	Pág. N°89
• Cuadro N°4.7. Valores de la temperatura promedio de la zona de estudio.	Pág. N°90
• Cuadro N°4.8. Valores de la humedad relativa promedio de la zona de estudio.	Pág. N°91
• Cuadro N°4.9. Cálculo de la evapotranspiración por el método de Hargreaves.	Pág. N°92
• Cuadro N°4.10. Cédula de cultivo sin proyecto y con proyecto.	Pág. N°93
• Cuadro N°4.11. Cédula y calendario de cultivo del canal la Aravisca sin proyecto.	Pág. N°94
• Cuadro N°4.12. Cédula y calendario de cultivo del canal la Aravisca con proyecto.	Pág. N°94
• Cuadro N°4.13. Cálculo de la demanda de agua sin proyecto.	Pág. N°95
• Cuadro N°4.14. Cálculo de la demanda de agua con proyecto.	Pág. N°96
• Cuadro N°4.15. Cálculo del caudal para el diseño hidráulico.	Pág. N°97
• Cuadro N°4.16. Disponibilidad de agua sin proyecto.	Pág. N°98
• Cuadro N°4.17. Balance hídrico sin proyecto.	Pág. N°98
• Cuadro N°4.18. Disponibilidad de agua con proyecto.	Pág. N°100
• Cuadro N°4.19. Balance hídrico con proyecto.	Pág. N°100
• Cuadro N°4.20. Situación actual de los canales de riego del caserío de Mossa.	Pág. N°102

• Cuadro N°4.21. Cálculos de los parámetros hidráulicos- canal La Aravisca.	Pág. N°105
• Cuadro N°4.22. Datos de la topografía- diseño hidráulico de rápida.	Pág. N°106
• Cuadro N°4.23. Cálculos de los parámetros hidráulicos de la sección rápida de control (1-2)-rápida.	Pág. N°107
• Cuadro N°4.24. Cálculos de los parámetros hidráulicos del tramo (2-3)- rápida.	Pág. N°108
• Cuadro N°4.25. Cálculos de los parámetros hidráulicos del tramo (3-4)- rápida.	Pág. N°112
• Cuadro N°4.26. Cálculos de los parámetros hidráulicos del resalto hidráulico.	Pág. N°113
• Cuadro N°4.27. Datos para el diseño hidráulico de la Caída.	Pág. N°119
• Cuadro N°4.28. Cálculo de los parámetros hidráulicos aguas arriba- caída.	Pág. N°119
• Cuadro N°4.29. Cálculo de los parámetros hidráulico aguas abajo (tramo 02)	Pág. N°120
• Cuadro N°4.30. Valores de los parámetros hidráulicos de la caída vertical	Pág. N°121
• Cuadro N°4.31. Datos de para el diseño- acueducto.	Pág. N°122
• Cuadro N°4.32. Análisis hidráulico del tramo 0+145.00 – 0+215.00 (acueducto).	Pág. N°123
• Cuadro N°4.33. Análisis del tramo 0+215.00 – 0+220.00 (acueducto).	Pág. N°123
• Cuadro N°4.34. Análisis del tramo 0+220.00 – 0+235.00 (conducto elevado- acueducto).	Pág. N°124
• Cuadro N°4.35. Análisis del tramo 0+235.00 – 0+277.968 (aguas abajo- acueducto).	Pág. N°124
• Cuadro N°4.36. Perdidas de energía en el entrada-acueducto.	Pág. N°125
• Cuadro N°4.37. Presiones sobre el terreno- del canal La Aravisca.	Pág. N°128
• Cuadro N°4.38. Momentos y fuerzas – reservorio.	Pág. N°129
• Cuadro N°4.39. Características del suelo, determinada en base al estudio de mecánica de suelos – acueducto.	Pág. N°132
• Cuadro N°4.40. Datos de Diseño estructural- acueducto.	Pág. N°134
• Cuadro N°4.41. Datos del diseño de columna- acueducto.	Pág. N°143
• Cuadro N°4.6.1. Valor Referencial de la Alternativa Única.	Pág. N°154
• Cuadro N°4.6.2. Costos de operación a precios de mercado y sociales.	Pág. N°155
• Cuadro N°4.6.3. Ingresos proyectados por tarifa de agua.	Pág. N°156
• Cuadro N°4.6.4. Cálculo de la tarifa de agua con proyecto.	Pág. N°157

• Cuadro N°4.6.5. Rendimientos y precios en chacra de los cultivos.	Pág. N°158
• Cuadro N°4.6.6. Producción de pasto estimada con los agricultores de la zona.	Pág. N°158
• Cuadro N°4.6.7. Producción de caña de azúcar estimada con los agricultores de la zona.	Pág. N°159
• Cuadro N°4.6.8. Costos de producción a precios de mercado y precios sociales.	Pág. N°159
• Cuadro N°4.6.9. Valor de la producción a precios de mercado sin proyecto.	Pág. N°160
• Cuadro N°4.6.10. Valor de la producción a precios sociales sin proyecto.	Pág. N°161
• Cuadro N°4.6.11. Valor de la producción a precios de mercado con proyecto.	Pág. N°162
• Cuadro N°4.6.12. Valor de la producción a precios sociales con proyecto.	Pág. N°163
• Cuadro N°4.6.13. Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno a precios de mercado.	Pág. N°166
• Cuadro N°4.6.14. Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno a precios sociales.	Pág. N°167
• Cuadro N°4.7.1. Resumen de resultados de los talleres de capacitación.	Pág. N°170

ÍNDICE DE FIGURAS

• Fig. N°1.1. Ubicación del proyecto caserío Mossa- Distrito Santa Catalina de Mossa.	Pág. N°03
• Fig. N°1.2. Mapa de ubicación de fuentes hídricas del Distrito Santa Catalina de Mossa.	Pág. N°06
• Fig. N°1.3. Esquema de una red de distribución típico en un riego por superficie.	Pág. N°22
• Fig. N°2.2. Sección típica de canal.	Pág. N°29
• Fig. N°2.3. Ejemplo de Resalto hidráulico.	Pág. N°41
• Fig. N°2.4. Vista isométrica de una transición en un canal.	Pág. N°44
• Fig. N°2.5. Vista en planta de una transición.	Pág. N°45
• Fig. N°2.6. Elementos de una rápida.	Pág. N°47

• Fig. N°2.7. Comportamiento del flujo, mediante la Ec., de la energía.	Pág. N°51
• Fig. N°2.8. Grafica de la ecuación de la energía.	Pág. N°51
• Fig. N°2.9. Curva I, elevación de la trayectoria en la rápida vs tirante.	Pág. N°52
• Fig. N°2.10. Esquema de cálculo de la elevación de la trayectoria en la rápida.	Pág. N°53
• Fig. N°2.11. Curva II, elevación del fondo del colchón amortiguador vs tirante conjugado menor	Pág. N°54
• Fig. N°2.12. Esquema de cálculo de la elevación del gradiente de energía después del resalto.	Pág. N°54
• Fig. N°2.13. Intercepción de curvas (I y II), para elevación del tanque del colchón amortiguador.	Pág. N°56
• Fig. N°2.14. Vista de perfil de la profundidad del colchón amortiguador.	Pág. N°56
• Fig. N°2.15. Trayectoria parabólica.	Pág. N°57
• Fig. N°2.16. Elementos de la caída vertical sin obstáculos.	Pág. N°59
• Fig. N°2.17. Comportamiento del flujo en la caída vertical sin obstáculos.	Pág. N°61
• Fig. N°2.18. Pérdidas de carga en un acueducto.	Pág. N°64
• Fig. N°2.19. Esquema de un acueducto.	Pág. N°66
• Fig. N°3.1. Esquema de la transición de entrada.	Pág. N°82
• Fig. N°4.1. Perfil de la rápida del canal la Aravisca.	Pág. N°106
• Fig. N°4.2. Comportamiento del flujo de pendiente fuerte a pendiente más fuerte.	Pág. N°107
• Fig. N°4.3. Grafica de la Ecuación de Bernoulli.	Pág. N°109
• Fig. N°4.4. Comportamiento del flujo de pendiente fuerte a pendiente suave.	Pág. N°113
• Fig. N°4.5. Perfil y planta de la rápida con sus medidas.	Pág. N°116
• Fig. N°4.6. Datos del perfil de la caída.	Pág. N°119
• Fig. N°4.7. Datos del perfil del acueducto.	Pág. N°122
• Fig. N°4.8. Perfil y planta del acueducto del canal Aravisca.	Pág. N°125
• Fig. N°4.9. Dimensionamiento estructural del canal.	Pág. N°126

• Fig. N°4.10. Dimensiones del muro de reservorio.	Pág. N°131
• Fig. N°4.11. Perfil del acueducto.	Pág. N°132
• Fig. N°4.12. Análisis estructural, cuando la caja está totalmente llena de agua – acueducto.	Pág. N°133
• Fig. N°4.13. Sección crítica por cortante en la viga- acueducto.	Pág. N°141
• Fig. N°4.14. Dimensiones de diseño de la columna- acueducto.	Pág. N°143
• Fig. N°4.15. Detalle de distribución del acero en columna.	Pág. N°147
• Fig. N°4.16. Análisis de la zapata- acueducto.	Pág. N°148

ÍNDICE DE GRAFICAS

• Grafica N°4.1. Curvas de variación de la Precipitación de la zona de estudio.	Pág. N°87
• Grafica N°4.2. Curvas de la Precipitación efectiva.	Pág. N°89
• Grafica N°4.3. Curvas de variación de la temperatura de la zona de estudio.	Pág. N°90
• Grafica N°4.4. Curvas de variación de la humedad relativa de la zona de estudio.	Pág. N°91
• Gráfica N°4.5. Curvas del balance hídrico sin proyecto.	Pág. N°99
• Gráfica N°4.6. Curvas del balance hídrico con proyecto.	Pág. N°101
• Gráfica N°4.7. Curvas de la Energía vs Tirante.	Pág. N°111
• Gráfica N°4.8. De la curva I, elevación de la trayectoria en la rápida vs tirante.	Pág. N°115
• Gráfica N°4.9. Curva II, elevación del fondo del colchón amortiguador vs tirante conjugado menor trayectoria en la rápida vs tirante.	Pág. N°116
• Gráfica N°4.10. Intersección de curvas I y II.	Pág. N°117

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla N°2.1. Distribución de la precipitación efectiva según WPS-USA. Pág. N°18
- Tabla N°2.2. Valores para el cálculo del resalto hidráulico en relación con el N° de Froude y el tirante conjugado mayor. Pág. N°43
- Tabla N°2.3. Clasificación de las curvas de remanso. Pág. N°43
- Tabla N°2.4. Tabla para valores calculados por la Ec. de la energía. Pág. N°52
- Tabla N°2.5. Cálculo de valores para la curva de elevación (trayectoria de la rápida) – Tirante. Pág. N°53
- Tabla N°2.6. Cálculo de valores para la curva de elevación del fondo del colchón– Tirante conjugado menor. Pág. N°55
- Tabla N°4.1. Tabla por el teorema de Bernoulli mediante el método de tramos directos. Pág. N°110
- Tabla N°4.2. Resultados de cálculos de valores para la curva de elevación (trayectoria de la rápida) – Tirante Pág. N°115
- Tabla N°4.3. Resultados de cálculos de valores para la curva de elevación – Tirante conjugado menor Pág. N°116
- Tabla N°4.4. Varillas de producción común en nuestro medio. Pág. N°134
- Tabla N°4.5. Factores de reducción de capacidad. Pág. N°139

“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE RIEGO DEL CASERÍO DE MOSSA-DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA-PROVINCIA DE MORROPÓN- PIURA”

RESUMEN

El objetivo fundamental del presente estudio de investigación es determinar las condiciones reales de la infraestructura de riego en el caserío de Mossa del Distrito Santa Catalina de Mossa, con el fin de mejorar el sistema de riego a través de diseños hidráulicos y estructurales de las obras de arte, además de la recopilación y búsqueda de información existente en la zona de estudio, siendo necesario también la participación de los comités de usuarios en talleres técnicos, en cuanto a uso, manejo, eficiencia y distribución del recurso hídrico.

Para ello se empleó una metodología del tipo cualitativo y cuantitativo aplicado, fundamentado en mediciones directas de campo y utilizando el equipo apropiado, con la finalidad de reunir y examinar toda la información disponible para los fines de la presente tesis.

Este cuenta con dos fases, la primera es la fase de campo que consistió en la recopilación de información sobre la infraestructura hidráulica, aspectos socio-económicos, culturales y ambientales; existentes en estudios e investigaciones anteriores. Luego se procedió a realizar las inspecciones de reconocimiento de la infraestructura hidráulica, desde la toma de captación del recurso hídrico hasta el último tramo de los canales de riego, con equipo de campo. Además se identificó los puntos donde se proyectaran las obras de arte y la ubicación para la extracción de muestras de suelo (calicatas) y agua. No obstante la población beneficiaria tuvo un rol importante en el desarrollo de la tesis, mediante su participación en los diferentes talleres técnicos, formativos y organizativos que se les brindó, como también su apoyo en el recorrido del estudio topográfico de los canales y su participación asesorada por el tesista en la extracción de muestras de las calicatas para el estudio de mecánica de suelos.

La segunda fase de gabinete se aplicó modelos matemáticos, softwares como AutoCAD, H-canales V 3.0, FAO-Cropwat 8.0, etc.; y se procedió a los cálculos hidráulicos y

estructurales del sistema de riego a proyectar, además de clasificó y ordenó la información de los resultados obtenidos en el laboratorio. En el caso del estudio de mecánica de suelos se hizo con fines estructurales en el Centro de estudios Geológicos, Geotécnicos y de Mecánica de Suelos de la Escuela profesional de Ing. Geológica de la UNP, para determinar las propiedades físico- mecánicas, capacidad portante y admisible del terreno del área de estudio, y así obtener un buen procedimiento constructivo de las obras de arte a proyectar y el sistema en general. De acuerdo a los resultados de este estudio nos indica que son terrenos de buena estabilidad, con suelos areno-arcillosos y areno-limosos, de naturaleza muy consistente que se encuentran ubicadas en la zona del proyecto.

En lo que respecta a la climatología, los datos son proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI-PIURA), de las estaciones meteorológicas de los distritos de Morropón y Chalaco, donde se trabajó los promedios mensuales anuales de precipitaciones pluviales, temperatura y humedad relativa acondicionándolos al área de estudio. Como por ejemplo: verificar la cantidad de agua disponible en épocas de precipitación $PP_{max.} = 555.30 \text{ mm}$, $PP_{min.} = 3.7 \text{ mm}$.

En lo que se refiere a los resultados del levantamiento topográfico, el lugar donde se desarrollara el proyecto es de configuración topográfica accidentada e irregular; además se ubicó las obras de arte a proyectar, calcatas, fuentes de agua, así como su longitud y relieve. También se tomó muestras de las fuentes de agua, y enviadas al laboratorio del Departamento de Ingeniería Química de la UNP, para su análisis físico-químico, siendo los resultados favorables para su uso en riego.

Las investigaciones y evaluaciones, permitieron definir la realidad actual de la infraestructura de riego del caserío de Mossa, siendo necesario un mejoramiento de 5.414 km de canal rectangular que incluye sus obras de arte, para el uso adecuado y racional del recurso hídrico. Donde se proyectan además la incorporación de 55 ha nuevas de áreas de cultivos (de 175 a 230 ha), siendo los cultivos que mejor se adaptan a la zona como el café que es un cultivo rentable y de exportación, y otros como los pastos, caña de azúcar, plátano y frejol. (ver cuadro N°4.10).

**“IMPROVEMENT OF THE HYDRAULIC IRRIGATION SYSTEM OF MOSSA TOWN
IN SANTA CATALINA OF MOSSA DISTRICT OF MORROPON PROVINCE IN PIURA
CITY”**

ABSTRACT

The main objective of this present study is to determine the real conditions of the irrigation infrastructure in Mossa town of Santa Catalina of Mossa district, in order to improve the irrigation system through hydraulic and structural designs of the works of art, and the research and gathering of the available information in the area of the study by having the organized participation of the users' committees in the technical workshops about use, management, efficiency and distribution of the hydric resource.

For achieving the goals of the present study, we used a qualitative and quantitative methodology which was based on direct field measurements using the appropriated equipment in order to gather and examine all the available information.

This methodology was done in two phases; the first one was the information gathering about the hydraulic infrastructure and social, economical, cultural and environmental aspects existing in past studies and researches. Then, the inspections for recognizing the equipment of the hydraulic infrastructure were performed with the field equipment from the point where we receive the water till the last track of the irrigation canals. Also the points where the works of art will be projected and the location for the extractions of the soil samples (calicatas) and water were identified. Moreover, the beneficiary population had an important role in the development of the study by their participation in different technical, improving and organizational workshops, their help in the itinerary of the topographic study of the canals and their participation in the extraction of the calicatas for the study of the soil mechanism assessed by the researcher.

In the second phase of the study, mathematical models were applied and software such as AutoCAD, H-channels v 3.0 and FAO-Cropwat 8.0 were used. Also, hydraulic and structural calculus of the irrigation system to project was done. Moreover, the information

of the gotten results was classified and ordered in the lab. The study of the soil mechanism, which occurred in the Center of Geological, Geothermic and Soil Mechanism Studies of the Professional Field of Geological Engineering of the National University of Piura, was done in order to determine the physical and mechanical properties, the carrying and admissible capacity of the studied field and get a good constructive procedure of the works of art to project and the whole system in general. According to the study results, it is demonstrated that the fields located in the project zone have a good stability. The soils are sandy-clayey, sandy-muddy and have a consistent nature.

The facts about the climate and weather are given by SENAMHI-PIURA (National Service of Meteorology and Hydrology of Piura) and the meteorological stations of Morropon and Chalaco districts. The monthly and annual averages of rain, temperature and relative humidity facts were adjusted to the study area conditions. For instance; verifying the amount of available water in rainy seasons: (PPmax. = 555.30 mm, PPmin. = 3.7 mm.).

To mention the results of the topographical survey, the place where the project was developed has a rough and irregular topographical configuration. Also, the works of art to project, the calicatas, the size and surface of the water fountains were located. Moreover, some samples of water from the fountains were taken and sent to the Chemical Engineering Department Lab of the National University of Piura to their physical and chemical analysis. The results showed that they were favorable to be used in watering.

The research and evaluations helped to define the current reality of the irrigation infrastructure in Mossa Town and confirmed that it is necessary to improve 5.414 km (kilometers) of rectangular canal including its works of art to use the water in an efficient and reasonable way. Also, it is projected the incorporation of 55 ha (hectares) of new crop areas (from 175 to 230 ha) with the best adaptable crops varieties such as coffee which is profitable and easy to export, others like pastures, sugarcane, banana and bean. (See table N° 4.10).

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La Agricultura en la Región Piura, es una actividad fundamental, es fuente de riqueza permanente para sus pueblos, porque genera empleo a la población económicamente activa de la región. La economía regional gira en torno al agro, ya sea directamente a través de la producción ó indirectamente a través de industrias que procesan cultivos tradicionales como arroz, algodón y café, y no tradicionales como limón, mango, plátano, etc.

Sin embargo, el gran problema que afronta la mayoría de las poblaciones rurales dedicadas a esta actividad, es la escasez del recurso hídrico y el mal estado de la infraestructura de riego, para mejorar su producción e implementar nuevos cultivos alternativos y por ende mejorar su calidad de vida.

En el presente trabajo de investigación denominado “Mejoramiento del Sistema Hidráulico de riego del caserío de Mossa-Distrito Santa Catalina de Mossa-Provincia de Morropón-Piura”, cuyo objetivo principal es el mejoramiento de la infraestructura de riego del caserío de Mossa, para el uso adecuado y racional del recurso hídrico. Para lograr este objetivo, se han seguido los siguientes pasos: recopilación de información, evaluación y análisis del estado situacional del sistema de riego, y con ello proponer una alternativa que involucre aspectos técnicos, socio-económico, culturales y ambientales, siendo primordial la participación efectiva de la población en el desarrollo de la investigación durante todo el proceso.

1.1. OBJETIVOS

1.1.2. Objetivo general

- Mejorar la infraestructura de riego del caserío de Mossa para el uso adecuado y racional del recurso hídrico.

1.1.3. Objetivos específicos

- Realizar un análisis técnico-profesional con búsqueda de información, y encontrar alternativas de solución con respecto a la realidad del caserío de Mossa en los diferentes aspectos: socio-económico, infraestructura de riego, cultural y ambiental.
- Elaborar diseños hidráulicos y estructurales de los canales de riego para mejorar la eficiencia de riego, en cuanto a uso, manejo y distribución del recurso hídrico.
- Organizar a los comités de usuarios para el buen funcionamiento, administración y uso del recurso hídrico por medio de talleres de capacitación.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El caserío de Mossa del Distrito de Santa Catalina de Mossa, de la provincia de Morropón, cuenta con 131 habitantes (ver cuadro N°1.5); además una de sus principales actividades de su población es la agricultura con 175 ha, siendo los cultivos principales como: pastos con 99 ha., caña de azúcar con 48 ha., café con 10 ha., frejol con 08 ha., plátano con 05 ha., y arveja con 05 ha. En el caso de la ganadería predomina la crianza de ganado vacuno y porcino.

La población rural se dedica a estas actividades como principales medios de sustento para sus familias, y que al no contar con la infraestructura adecuada para riego, así como una organización fortalecida con capacidades para el uso eficiente del recurso hídrico, el mantenimiento adecuado de la infraestructura de riego, y para mejorar sus canales de comercialización de sus productos, ve disminuida la producción de sus cultivos. Otra razón importante a tener en cuenta, es que en temporada seca el recurso hídrico se escasea, generalmente en los meses de mayo a diciembre, produciendo deficiencias en el

riego que impide el crecimiento y producción de sus cultivos e incursionar en cultivos alternativos.

1.3. UBICACIÓN Y ACCESO

El proyecto se ubica en el caserío de Mossa, jurisdicción del centro poblado de Paltashaco capital del Distrito de Santa Catalina de Mossa, en la parte Nor Oriental de la provincia de Morropón, de la sierra del departamento de Piura, llamada la Mancomunidad Andino Central de la sierra de Piura.

Ubicación Geográfica

Departamento	:	Piura
Provincia	:	Morropón
Distrito	:	Santa Catalina de Mossa
Localidad	:	Mossa
Coordenadas	:	17M 0626865 / UTM 9437482
Altitud	:	1,664.00 m.s.n.m
Área de estudio	:	2.3 km ²

Límites geopolíticos del distrito:

Al norte con el distrito de Chalaco,
 Al este con el distrito de Chalaco y Yamango,
 Al sur con el distrito de Buenos Aires.
 Al oeste con los distritos de Santo Domingo y Morropón

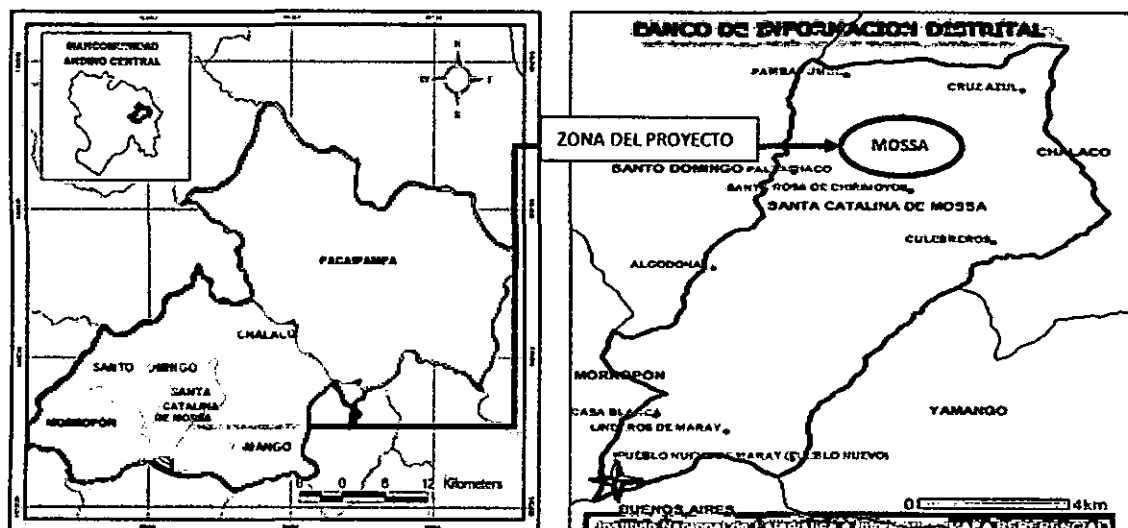


Fig. N°1.1. Ubicación del proyecto caserío Mossa- Distrito Santa Catalina de Mossa

Ubicación Administrativa

De acuerdo a la nueva delimitación de cuencas hidrográficas establecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el proyecto se ubica en el ámbito de la Sub Cuenca del Río La Gallega, Cuenca del Río Piura, en el ámbito administrativo por la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque-Zarumilla (AAA) y a nivel local pertenece a la Autoridad Local de Agua (ALA) Alto Piura - Huancabamba con oficina de enlace en la ciudad de Chulucanas.

Acceso

Para llegar a la zona del proyecto caserío de Mossa, se detalla en el **Cuadro N°1.1**, las distancias y el tiempo desde la ciudad de Piura.

Cuadro N° 1.1. Vías de Acceso

TRAMO	DISTANCIA (KM)	TIPO DE VIA	ESTADO ACTUAL	TIEMPO RECORRIDO
Piura-Morropón	80.00	asfaltada	bueno	1 h : 40 min.
Morropón-El puente	17.00	asfaltada	regular	30 min.
El puente - Paltashaco	5.00	afirmado	malo	20 min.
Paltashaco-Mossa	4.00	sin afirmar	malo	30 min.

Cuadro: Elaboración Propia

1.3.1. Descripción de la zona de estudio

1.3.1.1. Altitud

La zona en la que se ejecutó la presente investigación, se ubica entre los 1,520 a 1,840 m.s.n.m.

1.3.1.2. Clima

El estudio comprende el análisis meteorológico considerado en las estaciones situadas en el ámbito del valle del alto Piura. Se trata de las estaciones: CO. Morropón (Lat. 05°11'41'', Long.79°58'16'', altitud 141 msnm), CP. Chalaco (Lat. 05°02'19.2'', Long.79°47'29.9'', altitud 2,295 msnm). Los datos empleados

en el estudio son de los años 2004 al 2013. (Ver anexos).

De acuerdo a la elaboración propia con datos proporcionados por SENAMHI de las estaciones de meteorológicas CO-Morropón y CP-Chalaco. El clima de la zona es templado. En épocas de lluvias, las precipitaciones son frecuentes, presentándose durante los meses de Enero a Mayo teniendo una PPmax. Promedia mensual = 555.30 mm. Para un año normal con fuertes variaciones en años atípicos y lluvias esporádicas durante los meses de mayo a diciembre PPmin. Promedia mensual = 1.7 mm (Ver cuadro N°4.3)

Con respecto a la temperatura también es variable en zonas por debajo de los 900 msnm, va desde 16 a 30°C y en zonas entre 900 y 2200 m.s.n.m, oscila entre 12 y 22°C. En el área de estudio se tiene una temperatura media promedio de 17.90°C.

Estaciones seleccionadas para el estudio

El estudio comprende el valle del Alto Piura, en las cuales fueron identificadas las siguientes estaciones meteorológicas, de acuerdo al cuadro N° 1.2.

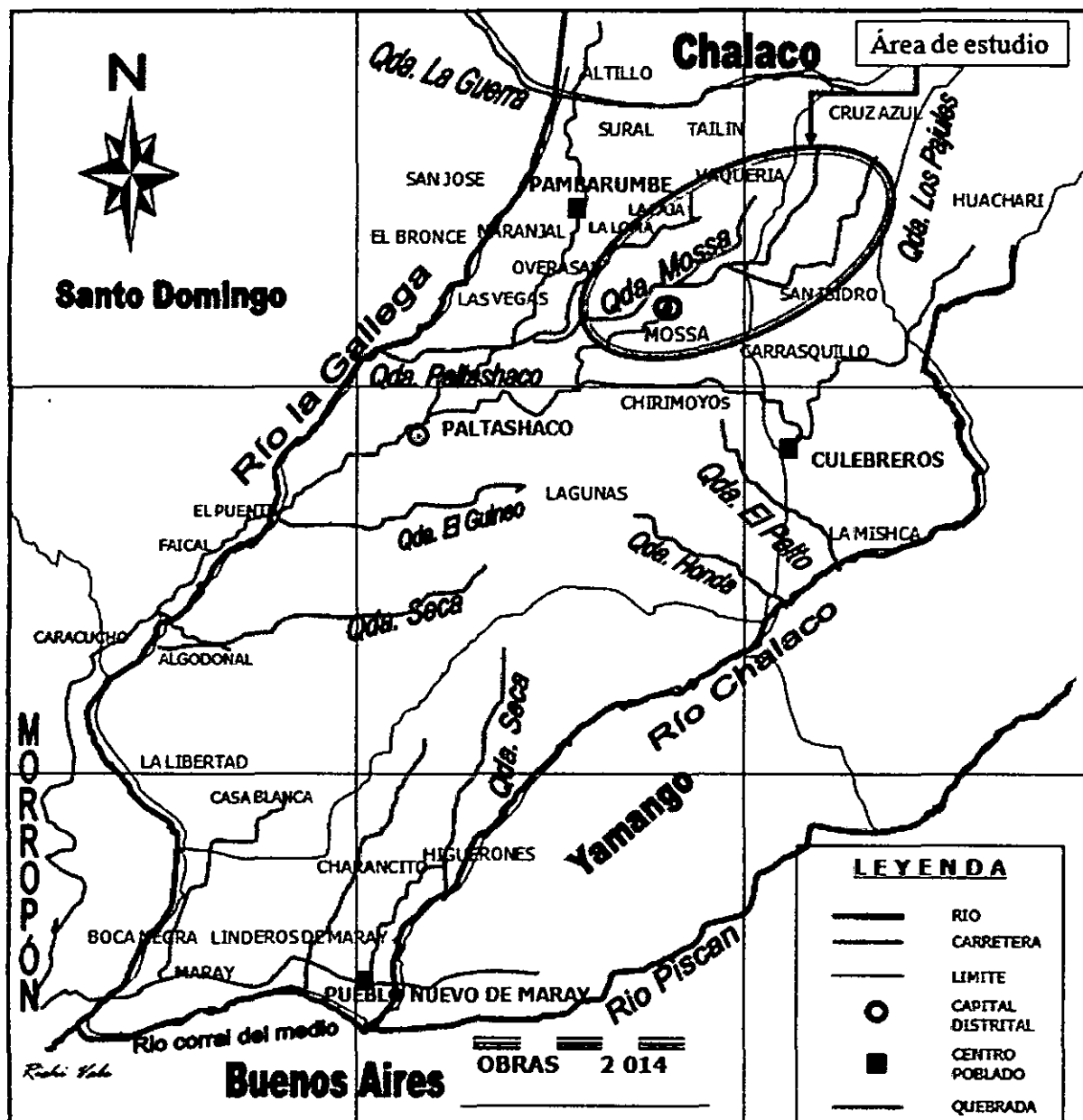
Cuadro N° 1.2. Estaciones meteorológicas enmarcadas en el ámbito de estudio

Región	Provincia	Sector y Estación	Altitud msnm
Piura	Morropón	CO Morropón	141.00
		CP Chalaco	2,295.00

Fuente. SENAMHI-Piura

Las estaciones enmarcadas en el cuadro anterior, del ámbito geográfico del valle del alto Piura, se encuentran distribuidas en un rango altitudinal entre 141 a 2,295 msnm. Debido a la poca información sobre las estaciones meteorológica aledañas (Santo Domingo y Yamango), solo se ha desarrollado el método de interpolación para el cálculo de los parámetros climatológicos de la estaciones mencionadas para calcular los parámetros de la zona de estudio (caserío de Mossa).

Fig. N°1.2. Mapa de ubicación de fuentes hídricas del Distrito Santa Catalina de Mossa.



De la fig. N°1.2, La quebrada de Mossa está conformada por tres vertientes: la Aravisca, el Granadillo y Sanguyuyo que vienen de la parte alta de la zona de estudio. La quebrada de Mossa se une con la quebrada Paltashaco, para finalmente desembocar sus aguas al río la Gallega.

1.3.1.3. Topografía

Durante la visita de inspección se pudo observar que el lugar donde se desarrolló la investigación es de configuración topográfica accidentada irregular. Esta información topográfica permitió tener un conocimiento del relieve del terreno, la pendiente de este y los desniveles fuertes donde se diseñaran las obras de arte (rápida y caída). Además se podrá determinar la razante del tramo del canal, las alturas, y para fines de metrados de movimiento de tierras nos dará el volumen de excavación y relleno.

1.3.1.4. Características Hidrológicas

El sistema hídrico del distrito de Santa Catalina de Mossa – Morropón, está compuesto por varias quebradas que sirven de afluentes de los ríos La Gallega y Chalaco que son las principales fuentes del recurso hídrico en el distrito y del río La Gallega, que discurre de noreste a sureste y nace de la confluencia de los ríos Santo Domingo y el Ñoma (altura de Pambarumbe), recibe el aporte de las quebradas de La Guerra, Overasal, Paltashaco, La Ensilada y El Guineo.

EL río Chalaco, corre de noreste a sur este, recibiendo el aporte de las quebradas de La Laja, Las Mishcas e Higuerones; a la altura del caserío de Pueblo Nuevo de Maray, se une con el río Piscán, para conformar el río Corrales (Corral del Medio).

El río La Gallega que nace en la sierra de la provincia de Morropón, después de cruzar el distrito se junta con el río Corral del Medio, para luego continuar como afluente del río Piura. El río la Gallega es de régimen irregular, cuyas descargas mayores se registran durante el primer semestre del año. La captación o derivación del recurso hídrico para la irrigación de las 2,800 ha., de superficie agrícola bajo riego se realiza mediante canales rústicos y tomas secundarias. Complementa el sistema hidrográfico el potencial acuífero subterráneo, localizado entre 10 a 30 metros de profundidad, que es aprovechado parcialmente mediante el sistema de pozos tubulares.

En el Cuadro N°1.3, se detalla las masas mensuales de descarga del río La Gallega (MMC/Mes), en veinte años (1971-2006).

Cuadro N°1.3. Comisión de Regantes La Gallega - Morropón masas mensuales del Río la Gallega en MMC/mes, Datos: DEPECH (72-86) Y COMPLETADOS por correlación (1971-2006)

AÑO	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MARZ.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	TOTAL
1971-1972	0.35	0.37	0.42	0.40	0.87	3.90	7.30	29.40	15.50	7.90	4.60	0.90	71.91
1972-1973	0.50	0.60	0.50	0.60	3.30	8.60	22.70	25.90	24.10	11.40	6.50	2.80	107.5
1973-1974	1.6	1.90	0.20	1.50	2.50	5.20	9.00	11.10	5.10	3.50	1.60	0.70	43.90
1974-1975	0.6	0.30	0.40	0.50	1.40	3.70	6.80	16.30	13.30	8.30	4.80	1.70	58.10
1975-1976	0.8	0.80	1.10	0.50	0.40	5.00	10.10	19.20	16.50	11.40	6.40	1.90	74.10
1976-1977	1.0	0.70	0.60	0.60	2.20	7.50	22.90	33.50	28.10	13.80	4.30	1.30	116.50
1977-1978	0.6	0.60	0.50	0.53	1.00	2.20	4.00	5.40	6.20	3.80	1.00	0.40	26.23
1978-1979	0.26	0.26	0.26	0.26	0.53	2.60	4.00	19.40	8.60	4.50	1.00	0.50	42.17
1979-1980	0.6	0.60	0.53	0.53	0.60	0.26	1.50	2.00	3.16	1.58	0.26	0.00	11.62
1980-1981	0.0	0.00	0.00	0.00	0.53	0.90	2.90	9.20	5.40	1.90	0.40	0.30	21.53
1981-1982	0.3	0.10	0.00	0.00	0.60	1.40	2.20	1.70	2.30	0.70	0.20	0.00	9.50
1982-1983	0	0.00	0.00	0.70	8.70	27.00	35.50	56.00	58.00	60.00	32.30	16.10	294.30
1983-1984	7.5	4.90	5.30	3.50	5.30	7.30	27.60	34.00	26.20	13.80	8.00	2.70	146.10
1984-1985	0.9	0.70	2.00	0.90	1.90	6.40	5.40	9.20	4.70	3.60	1.20	0.40	37.30
1985-1986	0.4	0.26	0.26	0.20	1.50	4.60	7.20	4.68	8.10	5.50	1.10	0.30	34.10
1986-1987	0.3	0.30	0.30	0.60	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20
2002-2003	-	-	-	-	-	-	2.80	2.02	1.80	0.13	0.15	0.08	6.98
2003-2004	0.39	0.30	0.30	0.16	0.00	0.94	0.95	5.84	6.31	6.40	2.53	0.52	24.64
2004-2005	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	4.33	4.23	4.52	4.35	3.60	0.00	22.69
2005-2006	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.40	3.61	3.03	3.00	2.88	1.97	15.05
MEDIA	0.41	0.31	0.31	0.28	0.81	2.16	4.33	7.14	5.88	4.04	2.02	0.79	28.47
DESV. ST	1.65	1.12	1.22	0.79	2.14	6.04	10.06	14.68	13.67	12.91	7.05	3.52	68.07

Fuente: Años: 1971 – 1987. Proyecto Chira-Piura y Años: 2002 – 2006. ATDR-Alto Piura - Huancabamba

1.4. ASPECTOS SOCIO- ECONÓMICOS

a. Aspecto Demográfico

El centro poblado de Paltashaco en cual pertenece el caserío de Mossa, tiene una población distribuida de 1,194 habitantes que representan el 28% de la población total del Distrito, siendo Mossa el 11% de este total, con 131 habitantes, según el **Cuadro N°1.4.**

Cuadro N°1.4. Distribución demográfica

N°	Caseríos	Población	
		Total	%
1	C.P Paltashaco	300	25
2	Mossa	131	11
3	Santa Rosa de Chirimoyos	171	14
4	Lagunas	80	7
5	Algodonal	266	22
6	Casa blanca	194	16
7	La libertad	52	4
Total		1,194	100

Fuente: Nutrinet-2004 / Diagnostico Distrital / Plan de acción zonal Paltashaco 2012-2016.

El centro poblado de Paltashaco muestra realidades que permiten medir las oportunidades de desarrollo personal para los jóvenes, mujeres y hombres. En el caso del área de estudio: **el caserío de Mossa**, junto a los caseríos de Santa Rosa de Chirimoyos y Lagunas, ubicados en la parte alta de la zona, donde su población se dedica en su mayoría a cultivos de secano, con posibilidades de accesos a solo estudios primarios. Se relaciona directamente con el centro poblado de Paltashaco teniendo limitadas oportunidades de desarrollo personal.

Por otro lado el proceso de migración mayormente de los jóvenes es por motivos de estudio y oportunidades de trabajo, produciéndose esta en los primeros meses del año y siendo los destinos de las ciudades de Piura, Lima y zona de selva.

b. Características de los servicios básicos

b.1. Salud

En este aspecto la dirección Regional de Salud de Piura, con R.D. N°414 del 25.04.11 crea el CLAS PALTASHACO, cuya jurisdicción es todo el territorio distrital lo que permite una mejor administración de los servicios de salud y coordinaciones con los diferentes sectores del gobierno nacional, gobierno regional principalmente con el gobierno local distrital. En particular el centro poblado de Paltashaco cuenta con dos

establecimientos de salud, uno ubicado en la capital distrital y otro ubicado en el caserío de Mossa como se detalla en el **Cuadro N°1.5**.

En el caso del Establecimiento de salud I-2 Mossa, brinda atención 8 horas diarias, ofrece los servicios de enfermería, control de gestantes, vacunación y triaje, con una cobertura poblacional promedio de 288 habitantes, que atiende a los caseríos Mossa, Cruz azul, y el sector cerro colorado(caserío de chirimoyos). Su personal está integrado por una enfermera serumista y dos técnicos en enfermería.

Cuadro N°1.5. Servicios de Salud del centro poblado.

Establecimiento	Ubicación	Medico	Obstetriz	Enfermeros	Técnicos
I - 1	Paltashaco	1	2	2	6
I - 2	Mossa	0	0	1	2

Fuente: CLAS Paltashaco-2011

b.2. Educación

El bajo nivel académico en la zona está centrado en la calidad y cobertura educativa derivados de la carencia de una política educativa competitiva acorde a la realidad concreta del distrito, además del desempeño profesional, falta de docentes, así mismo de la inadecuada infraestructura, equipamiento y material para el desarrollo del proceso educativo. En el caso del Caserío de Mossa solo cuenta con nivel primario y un programa no escolarizado para los infantes (PRONOEI).

Cuadro N° 1.6. Resumen de la población estudiantil a nivel Inicial

N°	Localidad	Institución Educativa	Alumnos	Docentes	Secciones
1	C.P Paltashaco	I.E N° 418	15	1	3
2	Mossa	PRONOEI Mi Cautivo	7	1	2
3	Santa Rosa de Chirimoyos	PRONOEI Santa Rosa de Chirimoyos	5	1	2
4	La Libertad	PRONOEI Niño Jesús	8	1	3
5	Algodonal	I.E N° 771	18	1	3
6	Casa Blanca	PRONOEI Los Jazmines	10	1	3
TOTAL			63	6	16

Fuente: UGEL Morropón-2011

Cuadro N°1.7. Resumen de la población estudiantil a nivel Primario

N°	Localidad	Institución Educativa	Alumnos	Docentes	Secciones
1	C.P Paltashaco	Horacio Zevallos Gámez	39	2	6
2	<u>Mossa</u>	I.E N° 14733	17	1	6
3	Santa Rosa de Chirimoyos	I.E N° 15303	15	1	6
4	Lagunas	I.E N° 15391	5	1	3
5	Algodonal	I.E N° 15172	35	2	6
6	Casa Blanca	I.E N° 20301	32	2	6
TOTAL			143	10	33

Fuente: Programa de monitoreo de locales escolares-2014/Municipalidad Dist. Sta. Catalina de Mossa.

Cuadro N°1.8. Resumen de la población estudiantil a nivel Secundario

	Localidad	Institución Educativa	Alumnos	Docentes	Secciones
1	C.P. Paltashaco	Horacio Zevallos Gamez	65	9	8

Fuente: Programa de monitoreo de locales escolares -2014 / Municipalidad Dist. Sta. Catalina de Mossa

b.3. En servicio de agua y alcantarillado

Los seis caseríos y el centro poblado de Paltashaco cuentan con sistema de agua entubada domiciliaria. La cobertura promedio en la zona es del 96%, el 4% faltante se debe a causas como el incremento habitacional o la lejanía de la vivienda, esto se puede apreciar en el **Cuadro N°1.9**. La calidad del agua es regular debido a que es captada en las nacientes del agua y no es clorada además hay que tener en cuenta el mantenimiento del sistemas (captación, reservorios y cámaras rompe presión), el promedio del servicio de agua domiciliaria es de 18 horas diarias, el cual se mejora en época de invierno. Todos los caseríos y el centro poblado cuenta con Juntas Administradoras de Agua cuya labor básica es el mantenimiento y sostenibilidad de los sistemas de agua. El gobierno local tiene previsto desarrollar un plan de capacitación y sensibilización de la población para el cuidado de las nacientes de agua y el mantenimiento de los sistemas brindando sostenibilidad en ellos.

Cuadro N°1.9. Servicio de Agua Entubada¹

N°	Localidad	Antigüedad	Cobertura	Calidad*	Horas/día	JAAS
1	Paltashaco	1996	90%	Regular	10	si
2	Algodonal	1997	94%	Regular	12	si
3	La Libertad	2004	89%	Regular	24	si
4	Casa Blanca	2004	100%	Regular	24	si
5	Mossa	1992	100%	Regular	24	si
6	Santa Rosa de Chirimoyos	1996	90%	Regular	12	si
7	Lagunas	2011	100%	Regular	24	si

Fuente: Plan de Acción zonal Paltashaco 2012-2016, Distrito Santa Catalina de Mossa

b.3.1. En Sanidad

En los diferentes caseríos del centro poblado de Paltashaco, el tema sanitario con respecto a la eliminación de excretas muestra una cobertura promedio del 77% en toda la zona, contando con tres diferentes tipos de sistemas sanitarios como: alcantarillado (solo en el C.P Paltashaco), letrinas domiciliarias con arrastre hidráulico y letrinas de pozo seco en los caseríos. El déficit de letrinas domiciliarias se debe a la falta de iniciativa e interés de algunas familias de los caseríos. A continuación se presenta el tipo de servicio sanitario. En el caso del caserío de Mossa presenta letrinas de pozo séptico desde el 2009, siendo estas cubiertas al 100%.

Cuadro N°1.10. Servicio sanitario de eliminación de excretas

N°	Localidad	Desagüe/letrina		
		Tipo	Antigüedad	Cobertura
1	Paltashaco	Alcantarillado	2,000	82%
2	Algodonal	Letrina con arrastre hidráulico y pozo séptico	2,001	53%
3	La Libertad	Pozo seco	2,000	100%
4	Casa Blanca	Letrina con arrastre hidráulico y pozo séptico	2,011	100%
5	Mossa	Pozo seco	2,009	100%
6	Santa Rosa de Chirimoyos	Pozo seco	2,010	58%
7	Lagunas	Letrina con arrastre hidráulico y pozo séptico	2,008	47%

Fuente: Plan de Acción zonal Paltashaco 2012-2016, Distrito Santa Catalina de Mossa

¹ Agua entubada: sistema de conducción de agua que no cuenta con planta de tratamiento.

b.4. En el servicio de Electricidad, telefonía y radiodifusión

El proyecto Nacional de electrificación rural ha permitido que el 100% de los caseríos y del centro poblado de Paltashaco cuente con electrificación rural, sin embargo existe un pequeño porcentaje de viviendas que no cuentan con el servicio debido a que se encuentran alejados del núcleo de viviendas beneficiadas en cada caserío, por tanto es preocupación del gobierno local brindar este servicio mediante el sistema de electrificación fotovoltaica la cual es priorizada por el Proyecto Nacional de Electrificación Rural.

Es difícil el servicio de radiofónico en la zona de Paltashaco debido a la geografía variable de la zona que tiene altitudes desde 250 a 1250 m.s.n.m, a su vez no se cuenta con radios locales como medio de difusión a la población.

Cuadro N°1.11. Servicio de electricidad, telefonía y radiodifusión

N°	Localidad	Electricidad		Telefonía		Radio emisoras
		Antigüedad	Cobertura	tipo	Cobertura	
1	Paltashaco	1994	100%	Fijo /celular	50%	No
2	Algodonal	2009	90%	Fijo /celular	80%	
3	La Libertad	2011	100%	No	-	
4	Casa Blanca	2007	90%	Fijo /celular	80%	
5	<u>Mossa</u>	2009	90%	Fijo.	50%	
6	Santa Rosa de Chirimoyos	2011	90%	No	-	
7	Lagunas	2011	100%	Fijo /celular	80%	

Fuente: Plan de Acción zonal Paltashaco 2012-2016, Distrito Santa Catalina de Mossa

c. Actividades económicas

Los indicadores de economía en el distrito Santa Catalina de Mossa- Morropón, se puede ver que la gran mayoría de la población trabaja en el sector de agricultura y ganadería siendo los principales productos agrícolas los cereales: maíz, arroz, trigo, cebada y leguminosas como: la arveja y soya, además de cultivos permanentes como los pastos, café, caña de azúcar, frutales.

c.1. Agricultura

En los caseríos del centro poblado de Paltashaco se desarrolla la agricultura y la ganadería (crianza de ganado vacuno y porcino), con mayor predominio en la agricultura tradicional, tanto en la parte baja como en la parte alta de la zona. Teniendo dos formas de tenencia de tierras: comunales y privadas. Existen pequeños productores que conducen áreas de cultivo menores de 02 has y fragmentados, posesionarios con derechos de usufructo por herencia y transferencia de la comunidad campesina. La agro silvicultura es un sistema productivo que integra árboles, ganado y pastos, en una misma unidad productiva, este sistema se presenta a lo largo de la carretera Paltashaco, especial en esta combinación el faique y pasto elefante.

En el caso del caserío de Mossa que se encuentra en la parte alta de la zona, los cultivos principales son: pastos, caña de azúcar, café, frejol, arveja, etc.; esta zona a pesar de tener al río la Gallega y diferentes quebradas en su territorio no se beneficia de ellas dado el profundo cauce de ambos, algunos cultivos permanentes solo reciben riego de mantenimiento cuando hay agua disponible de los canales y pequeñas quebradas provenientes de las partes altas.

En los cultivos como de maíz y pastos son cultivos de secano aprovechando el periodo de lluvias. El 85% de las cosechas es para el autoconsumo sus excedentes son comercializados en forma individual a través de intermediarios que recorren los caseríos o se encuentran en la capital distrital.

Por lo tanto se desarrolla una agricultura predominantemente tradicional, esta situación no favorece el, logro de la economía de escala, genera poco interés por la innovación tecnológica, con carencias notables de enfoque empresarial y visión de largo plazo (estrategia). Generalmente se utiliza la tracción animal para la labranza del suelo, siembra al voleo, y a piquete y uso de cercos para evitar el ingreso de animales. Además captan el agua de quebradas y manantiales construyendo pequeños reservorios rústicos y acequias con altas pérdidas por conducción y aplicación por gravedad. Sin embargo existen sistemas de policultivos denominados huertas, que

combinan cultivos permanentes, transitorios y crianza de animales, constituyendo una estrategia de sobrevivencia que combina la producción agrícola, forestal y ganadera.

La asistencia técnica es limitada afectando la productividad y competitividad de la actividad agrícola. La municipalidad distrital busca mejorar las practicas mediante el Área de Desarrollo Económico Local (ADEL), proporcionando asistencia técnica cuando se le solicita, pero no tiene cobertura en todo el ámbito de la zona.

c.2. Ganadería

Es una actividad complementaria a la agricultura, el ganado vacuno es el que presenta mayores unidades de crianza, desarrollándose una producción extensiva; seguido de ellos se encuentra la producción de ganado porcino que generalmente se crían cerca de las viviendas y no en grandes cantidades, son utilizados mayormente para el consumo familiar, al igual que las aves de corral que se crían dentro de las viviendas. El sistema de crianza ganadera de esta zona se caracterizan por ser de naturaleza tradicional desde la alimentación extensiva (pastoreo libre), el mejor reproductivo y los aspectos sanitarios tradicionales hacen que subsista enfermedades como tupe, carbunco y librilla seco. Además de la crianza pecuaria permiten obtener subproductos importantes como la leche, el queso y los huevos. La producción que se destina a la venta es mínima (menos del 5% en todos los casos), destinándose su producción principalmente al autoconsumo. Estos productos constituyen una fuente importante de proteínas para la seguridad alimentaria. Por tanto se puede decir que la falta de innovación, prácticas de crianza inadecuadas, baja productividad, sanidad animal y alta mortalidad, escasa soportabilidad de pastos, incipiente agregación de valor y el ganado menor (porcino), sin mejoramiento genético, hacen que esta actividad solo sea subsistente.

c.3. Infraestructura de riego

De acuerdo a la fuente “Plan de acción zonal 2012-2016/ Distrito Sta. Catalina de Mossa”, en el **Cuadro N°1.12**, se puede visualizar el inventario de la infraestructura de riego de la zona de estudio, se puede apreciar que cuenta con 06 canales de tierra que hacen un total de 09 Km. entre canales principales, secundarios y terciarios que benefician a 100 usuarios, los cuales sirven a las áreas de cultivo, en su mayoría de subsistencia. Los comités de usuarios de los canales que funcionan regularmente para cumplir la función de distribución del riego, tienen serias limitaciones para la gestión e incidencia política para la mejora de su infraestructura y de las técnicas de cultivo, así como el aprovechamiento de sus potencialidades.

Cuadro N°1.12. Inventario de la Infraestructura de Riego de la zona de estudio (Mossa)

CANAL	TIPO	LONG. DE CANAL	N° DE BENEFICIARIOS	TAMAÑO DE PROPIEDAD	COMITES DE USUARIOS	
					EXISTE	FUNCIONA
La Aravisca	Tierra	2 km	18	0.25 a 1.5 ha	SI	SI
El Nogal	Tierra	1 km	12			
Los García	Tierra	2 km	21			
El Puente	Tierra	2 km	24			
El Limo	Tierra	1 km	14			
El Trapiche	Tierra	1 km	11			
TOTAL		09 Km	100			

Fuente. Plan de acción zonal 2012-2016/ Distrito Sta. Catalina de Mossa

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA ó MARCO TEÓRICO

2.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

➤ **Mejía. M. J. A. (2012). Hidrología Aplicada.**

Desde el punto de vista de la ingeniería, la hidrología incluye los métodos para determinar el caudal como elemento de diseño de las obras que tienen relación con el uso y protección del agua, tales como represas, canales abastecimientos, drenaje, calidad del agua, manejo de cuencas, etc. El análisis hidrológico es fundamental para el planeamiento, diseño y operación de sistemas hidráulicos.

➤ **Ramírez Ch. W. (2013). Apuntes de clases de Hidrología**

Para la elaboración de proyectos, particularmente de proyectos hidráulicos, el ingeniero requiere de datos sobre precipitación, caudales, evaporación, horas de sol, temperatura, vientos, etc. Esta información básica la recopila en el país el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). La Hidrología enseña el manejo que se le da a esta información, no siempre completa y muchas veces ausente en el lugar mismo del proyecto.

▪ **Parámetros climatológicos**

Temperatura, precipitación y humedad relativa

La precipitación media, temperatura media y humedad relativa de la zona de estudio se estimó mediante la media aritmética de las dos estaciones.

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots\dots(2.1)$$

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \dots\dots(2.2)$$

$$H_m = \frac{\sum_{i=1}^n H_{Ri}}{n} \dots\dots(2.3)$$

Dónde:

Pm = precipitación media,

Tm = evapotranspiración potencial media,

Hm = humedad relativa media

Pi = precipitación observada estación i,

Ti = temperatura observada estación i,

HRi = humedad relativa observada.

▪ Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Depende de múltiples factores como pueden ser la intensidad de la precipitación o la aridez del clima, y también de otros como la inclinación del terreno, contenido de humedad del suelo o velocidad de infiltración. Para su cálculo se ha empleado el software FAO-CROPWAT 8.0 y la tabla de Water Power Service – USA.

Tabla 2.1. Distribución de la precipitación efectiva según WPS-USA

Incremento de precipitación (mm)	Precipitación efectiva %
5.00	0.00
30.00	0.95
55.00	0.90
80.00	0.82
105.00	0.65
130.00	0.45
155.00	0.25
155.00	0.05

- **Evapotranspiración**

La evapotranspiración es la conjunción de dos procesos: la evaporación y la transpiración. Esta es la pérdida de agua hacia la atmósfera, por evaporación del suelo ó superficie del agua y transpiración por los estomas de las hojas de la planta. Suele expresarse en milímetros de altura de agua evapotranspirada en cada día (mm/día), cantidad que variará según el clima y el cultivo.

En cuanto a su medición, existen diversos métodos para estimar evapotranspiración potencial, en este caso para el área de estudio es el método de Hargreaves, que es el que más se adecua a la zona de estudio, utilizando las siguientes formulas:

En base a la temperatura:

$$ETp = [MF * TMF * CH * CE].....(2.4)$$

Siendo:

ETp = evapotranspiración potencial en mm/mes,

MF = factor de evapotranspiración en mm/mes,

TMF = temperatura media mensual en °F,

CH = factor corregido de la humedad relativa,

$$\text{Si: } HR > 64\% \quad CH = 0.1666 * (100 - HR)^{0.5}(2.5)$$

$$\text{Si: } HR < 64\% \quad CH = 1$$

CE = factor de corrección para la altitud de la altura

$$CE = 1 + \frac{0.04 * E}{2000}(2.6)$$

Dónde: E = altitud (m.s.n.m).

2.2. RIEGO

➤ Vásquez V. A y Chang. N. L (1982). El riego

Para un buen riego es indispensable conocer las relaciones suelo-agua-planta-atmósfera. Porque un mal manejo del riego ocasionaría un menor rendimiento del cultivo, pérdidas excesivas del agua, lixiviación de los nutrientes, mal drenaje, erosión del suelo y la salinización del suelo. Un buen riego debe humedecer el suelo hasta la profundidad donde se encuentre el enraizamiento de las raíces y esto deberá ser oportuno, eficiente uniforme, para de esta manera reparar el agua consumida por los cultivos y que se evaporan del suelo por acción del clima. Los programas de riego son basados en información de la fecha del último riego y la cantidad de agua disponible, asumiendo que el descenso del contenido de humedad se inicie de la capacidad de campo, y que la tasa de consumo de agua estimada correspondió a la actual y que el riego fue completo. El riego por gravedad consigue que el agua aplicada fluya mediante la gravedad, debido a la pendiente del suelo y de la carga. El agua ingresa al campo por la parte más alta y luego sigue la pendiente del suelo.

➤ Montero. T. M (2013). Apuntes de Clases de Ingeniería de Riegos

La agricultura desde un punto de vista físico, biológico y socioeconómico, exige una eficiencia máxima en la utilización de los recursos, entre ellos el recurso hídrico y su interacción con la fase suelo y cultivos. La optimización de estos factores, mejoran las prácticas y eficiencias de riego, mediante una eficiente utilización del agua, sobre todo donde el recurso es sumamente escaso.

Sistema de Riego por gravedad

Consiste en conducir una corriente de agua desde una fuente abastecedora hacia los campos y aplicarla directamente a la superficie del suelo por gravedad, cubriendo total o parcialmente el suelo.

El riego por superficie es un sistema de riego donde el agua fluye por gravedad, utilizándose la superficie del suelo agrícola como parte del sistema de distribución del

agua. El caudal disminuye a medida que el agua avanza por la parcela regada, debido a su infiltración en el suelo. Para que la lámina de agua infiltrada se distribuya lo más uniformemente posible a lo largo de la parcela es preciso diseñar y manejar el riego de tal forma que haya un equilibrio entre los procesos de avance en infiltración del agua. Las pérdidas de agua se pueden producir por:

- Escorrentía superficial: está condicionada por la geometría de la superficie del suelo, la forma, tamaño de las parcelas, pendientes, rugosidad, pudiendo ocasionar problemas de erosión.
- Percolación profunda: está condicionada por las características físicas del suelo como la textura, estructura y porosidad, las cuales afectan a la infiltración. La percolación profunda produce lixiviación de nutrientes y sales del suelo, lo que provoca un deterioro de las aguas de drenaje cuando éstas retornan al regadío.

Los riegos por superficie tienen la ventaja de su simplicidad en sus instalaciones e infraestructura y su fácil mantenimiento. No requieren de mano de obra altamente especializada y al emplear la energía gravitatoria, es escasa las necesidades energéticas, factor definitivo en el análisis económico previo a la puesta de riego y quizás ayuda a entender por qué otros sistemas de riego más modernos no han logrado desplazarlos.

Tipos de riego por gravedad:

- Riego por melgas
- Riego por surcos
- Riego por fajas.

Elementos de un sistema de riego por gravedad

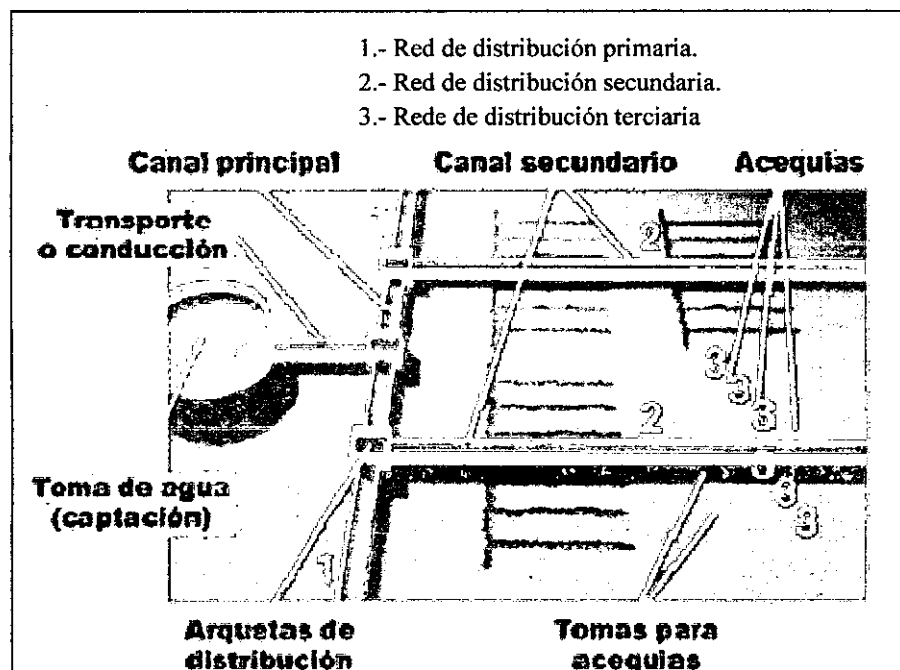
Sistema de distribución del agua

El sistema de distribución está compuesto por un conjunto de obras e instalaciones que transportan el agua desde el punto de captación hasta la cabecera de los

canteros o unidades de riego por superficie y de un sistema de evacuación del exceso de agua de escorrentía y de percolación de los campos de cultivo: Un sistema de distribución en riego por superficie consta de los siguientes elementos:

- Captación: puede ser desde un embalse, a su derivación desde un río, o un pozo para agua subterránea.
- Red principal o de conducción: transporta el agua desde el punto de captación hasta el inicio de la zona regable.
- Red de distribución: se encarga de distribuir el agua a cada uno de los campos de riego por superficie.
- Red terciaria: en el entorno de las parcelas de riego. Son los ramales de último orden de la red de distribución y conducen el agua hasta la cabecera del cantero o unidad de riego.
- Red de avenamiento y drenaje: cumple el objetivo de evacuar el agua sobrante de los campos de cultivo y conducirla hasta la red de drenaje natural de forma que el exceso de humedad no perjudique el desarrollo del cultivo.

Fig. N° 2.1. Esquema de una red de distribución típico en un riego por superficie



- **Distribución y áreas de los cultivos**

Esta referido a la distribución de los principales cultivos en la cedula de cultivos en las campañas agrícolas, señalando la cantidad de ha, y su porcentaje en función al total de las áreas.

- **Coefficiente del cultivo (Kc)**

El coeficiente de cultivo depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de cada especie y expresa la capacidad de la planta para extraer el agua del suelo en las distintas etapas del periodo vegetativo.

- **Evaporación Real del cultivo ó uso consuntivo (ETR)**

Se refiere al valor real de agua que consume el cultivo. Para el cálculo se han tomado los valores Eto y Kc de los cultivos.

Cuando la evapotranspiración se produce sin ninguna restricción de agua en el suelo se conoce como evapotranspiración del cultivo (Etc) y corresponde a la cantidad de agua que debe ser aportada al suelo estacionalmente mediante lluvia y/o riego. La evapotranspiración del cultivo se calcula mediante la ecuación:

$$ETc = ETo * KC(2.7)$$

Dónde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo en mm/día,

Eto = Evapotranspiración de referencia en mm/día

Kc = coeficiente de cultivo (adimensional)

- **Requerimiento de agua de riego**

Se expresa en mm., viene a ser la lámina adicional de agua que requieren los cultivos para cubrir sus necesidades. Se ha calculado en base al uso consuntivo y la precipitación efectiva.

▪ **Módulo de riego**

Está en función de la demanda bruta, eficiencia de riego de aplicación y el número de días de aplicación al mes, se expresa en Lts/seg.

$$(Db = Dn/Ef).....(2.8)$$

▪ **Caudal requerido**

Esta referido al volumen máximo requerido para el sistema en las situación sin proyecto y con proyecto acumulado al año.

▪ **Eficiencia de riego**

Las eficiencias de riego en la Comisión de Usuarios la Gallega-Morropón, para el cálculo de la demanda bruta en cabecera de bloque se consideran una eficiencia de conducción de 65%, distribución al 60% y de aplicación al 55%, dando como resultado una eficiencia de riego media ponderada de 21%, como se muestra en el cuadro N°2.1, y en el caso de la eficiencia de riego ponderada en la situación con proyecto es 46%.

Cuadro N°2.1. Eficiencia de riego sin proyecto

Tipo de riego	Eficiencia de conducción	Eficiencia de distribución	Eficiencia de aplicación	Promedio ponderado
Gravedad	65.00%	60%	55%	21%

Fuente: Junta de Usuarios Alto Piura-Huancabamba

Cuadro N°2.2. Eficiencia de riego con proyecto

Riego por gravedad	Porcentaje	Ponderado	Justificación
Eficiencia de conducción	95%	0.95	Sección adecuada revestida con concreto.
Eficiencia de distribución	75%	0.75	Los canales y tomas laterales son operadores eficientemente y limpiados oportunamente
Eficiencia de aplicación	65%	0.65	Mediante la capacitación se aplicaran las láminas necesarias, riegos por surcos.
Eficiencia de riego		0.46	

Fuente: Comisión de regantes La gallega-Morropón

2.3. SISTEMAS DE RIEGO EXISTENTES

➤ **Mejoramiento del servicio de agua del canal principal Casa Blanca del caserío Casa Blanca – Distrito Santa Catalina de Mossa- Provincia de Morropón- Piura**

El objetivo central de este proyecto consistió en desarrollar un conjunto de actividades planificadas y destinadas al mejoramiento de la infraestructura de riego en el caserío Casa Blanca, poniendo los canales en buenas condiciones con el fin de lograr un mejoramiento en los niveles de la producción y el uso de la tierra.

El objetivo específico es brindar una mejor prestación del servicio y mayor provisión del recurso hídrico, de acuerdo a los requerimientos de la cédula de cultivos proyectada; a través del mejoramiento de la infraestructura de riego en los canales y tramos priorizados como se detalla a continuación:

- Revestimiento con losa de concreto, $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, $e=10 \text{ cm}$, en una longitud de 1.475 km., con caja rectangular.
- Construcción de 18 tomas de laterales típicas.
- Rehabilitación y Mejoramiento de la Bocatoma de Captación.
- Construcción de 01 acueducto.
- Construcción de 02 pases de quebrada.
- Construcción de 03 pases peatonales.
- Construcción de 01 poza disipadora

➤ **FONCODES: Mejoramiento del servicio de agua del canal San Felipe de Linderos de Maray – Distrito Santa Catalina de Mossa- Provincia de Morropón- Piura**

Este proyecto se enmarca dentro de la política sectorial que ha emprendido la Municipalidad Distrital de Santa Catalina de Mossa, con la finalidad de mejorar la infraestructura de riego menor del distrito y apoyar la gestión eficiente del recurso hídrico, para mejorar el desarrollo agrícola de la zona.

El desarrollo del Proyecto permitió, la ampliación de la frontera agrícola de 72 a 80 ha., bajo riego y el mejoramiento de la infraestructura como:

- Construcción de 1,440 Km de Canal Revestido con Concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, desde el Km. 0+500 al Km. 1+940
- Construcción de 20 Tomas Parcelarias
- Construcción de 01 Retención
- Construcción de 01 Puente Peatonal
- Construcción de 02 Canoas
- Construcción de 01 Acueducto

2.4. DISEÑO DE CANALES

➤ Ven Te Chow. (1994). Hidráulica de canales abiertos.

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo a su origen un canal puede ser natural ó artificial. Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas a lo largo de carreteras, etc., así como canales modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales. Las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados. La aplicación de las teorías hidráulicas a canales artificiales producirá, resultados bastante similares a las condiciones reales y por consiguiente son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseño.

➤ Urcia C. (2005). Canales de Riego:

El diseño de canales consiste en calcular las dimensiones geométricas de la sección transversales asumiendo criterios para los factores como rugosidad, taludes, borde libre, etc.; que intervienen para los cálculos en el diseño de canales, se asumirá que el flujo es permanente y uniforme para lo cual la formula aplicativa a utilizar será la de Manning; además se tendrá en cuenta para canales en tierras el criterio de mínima infiltración y la condición de máxima eficiencia hidráulica para canales revestidos en concreto.

➤ **Villón B. M. (2007). Hidráulica de canales**

El diseño de un sistema de riego y drenaje lleva implícito el diseño de un conjunto de obras de protección y estructuras, mediante las cuales se efectúa la captación, conducción, distribución, aplicación y evacuación del agua, para proporcionar de una manera adecuada y controlada, la humedad que requieren los cultivos para su desarrollo.

➤ **Autoridad Nacional del Agua (2010). Manual “Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico”.**

En un proyecto de riego, la parte correspondiente a su concepción, definido por su planteamiento hidráulico, tiene principal importancia, debido a que es allí donde se determinan las estrategias de funcionamiento del sistema de riego (captación, conducción – canal abierto o a presión -, regulación), por lo tanto, para desarrollar el planteamiento hidráulico del proyecto se tiene que implementar los diseños de la infraestructura identificada en la etapa de campo; canales, obras de arte (acueductos, canoas, alcantarillas, tomas laterales etc.), obras especiales (bocatomas, desarenadores, túneles, sifones, etc.) etc.

Para el desarrollo de los diseños de las obras proyectadas, el caudal es un parámetro clave en el dimensionamiento de las mismas y que está asociado a la disponibilidad del recurso hídrico (hidrología), tipo de suelo, tipo de cultivo, condiciones climáticas, métodos de riego, etc., es decir mediante la conjunción de la relación agua – suelo – planta. De manera que cuando se trata de la planificación de un proyecto de riego, la formación y experiencia del diseñador tiene mucha importancia, destacándose en esta especialidad la Ingeniería Agrícola.

➤ **Ramos T. L. (2014). Diseño de Estructurales Hidráulicas I**

Un sistema de riego consiste en obras de toma, canal principal, canales secundarios y terciarios, obras de medición y distribución de agua. Las fuentes de agua son los ríos, lagos y pozos que tengan un caudal suficiente para satisfacer las demandas de las plantas. El agua puede ser captada por gravedad o bombeo. Por esto el canal conduce el

agua hasta un sitio donde existe una caída apropiada y el aprovechamiento se realiza al pie de esta.

En consecuencia, las obras hidráulicas que sirven para el aprovechamiento del agua en diferentes formas, pueden clasificarse, según su función, en:

- Obras de captación: por gravedad como tomas de derivación y presas de embalse y bombeo.
- Obras de conducción: canales y túneles; pasos de depresión (como acueductos, sifones alcantarillas, caídas y rápidas; tuberías de presión.
- Obras de protección: desarenadores, aliviaderos, desfogues, disipadores de energía y tanques de presión.
- Obras de regulación: divisiones, medidores y reservorios.

2.4.1. MODELOS TEÓRICOS

- **Elementos básicos en el diseño de canales**

Se consideran elementos; topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, ambientales, agrológicos, entre otros.

2.4.1.1. Diseño hidráulico de canal

Se debe tener en cuenta ciertos factores, tales como: tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, taludes, etc. La ecuación más utilizada es la de Manning, y su expresión es:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots (2.9)$$

Dónde:

Q = Caudal (m³/s),

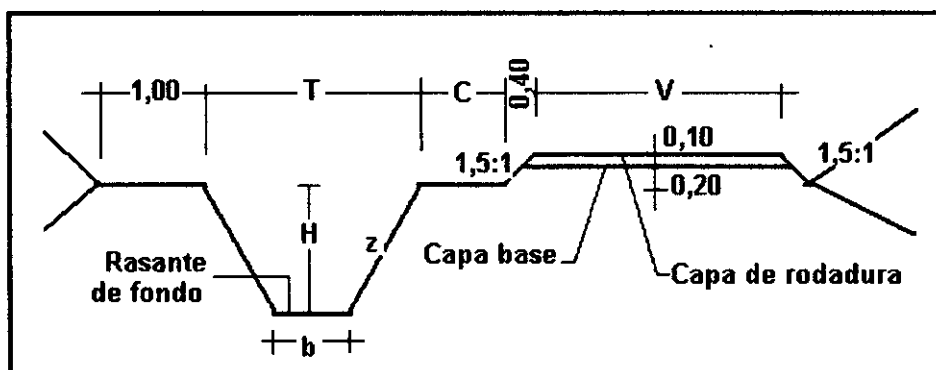
n = Rugosidad, A = Área (m²),

S = Pendiente

R (Radio hidráulico) = Área de la secc. húmeda / Perímetro húmedo.

A.- Sección típica de un canal

Fig.Nº2.2. Sección típica de canal



Dónde:

T = Ancho superior del canal, b = Plantilla,

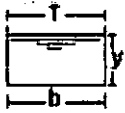
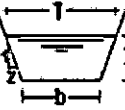
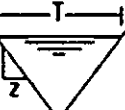
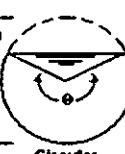

Z = Valor horizontal de la inclinación del talud

C = Berma del camino, puede ser: 0.5; 0.75; 1.00 m., según el canal sea de tercer, segundo ó primer orden respectivamente.

En canales proyectados con revestimiento, la rugosidad es función del material usado, que puede ser de concreto, geo membranas, tubería PVC ó HDP y/o metálica, o si van a trabajar a presión atmosférica o presurizados.

De acuerdo al Cuadro N°2.3, se muestran las secciones más utilizadas.

Cuadro N°2.3. Relaciones geométricas de secciones de canal

SECCIÓN	AREA HIDRÁULICA A	PERIMETRO MOJADO P	RADIO HIDRÁULICO R	ESPEJO DE AGUA T
 Rectangular	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b
 Trapezoidal	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2})D}{2\sqrt{y(D - y)}}$
 Parebólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Ven Te Chow (1994). Hidráulica de canales abiertos.

Cuadro N°2.4. Valores de “n” dados por Hortón para ser usados en las fórmulas de Ganguillet-Kutter y de Manning.

SUPERFICIE	CONDICIONES DE LAS PAREDES			
	PERFECTAS	BUENAS	MEDIANAS	MALAS
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería hierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	-
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
Acueductos de tablón				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	-
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015
Acueductos semicirculares metálicos corrugados	0.0225	0.025	0.0275	0.030
Canales y zanjas				
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	-
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Degradados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra enhierbados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.028	0.030*	0.033*	0.035

(*) Valores de uso común.

Fuente: Ven Te Chow (1994). Hidráulica de canales abiertos.

En el Cuadro N°2.4. nos da valores de “n” estimados, estos valores pueden ser refutados con investigaciones y manuales, sin embargo no dejan de ser una referencia para el diseño.

B. Determinación de la máxima eficiencia hidráulica

Se dice que un canal de máxima eficiencia hidráulica cuando para la misma área y pendiente conduce el mayor caudal posible, esta condición está referida a un perímetro húmedo mínimo, la ecuación que determina la sección de máxima eficiencia hidráulica.

- En el caso de un canal trapezoidal se representa por la relación entre el ancho de solera y el tirante:

$$\frac{b}{y} = 2 * \tan \frac{\theta}{2} \dots\dots (2.10)$$

- En el caso de un canal rectangular, se tiene:

$$\theta = 90^\circ \rightarrow \frac{\theta}{2} = 45^\circ \rightarrow \tan \frac{\theta}{2} = 1$$

Luego: $\frac{b}{y} = 2 \rightarrow b = 2y \dots\dots (2.11)$

C. Consideraciones prácticas para el diseño de canales

El diseño de un canal implica darle valor numérico a las siguientes especificaciones técnicas:

Q = Caudal en m³/s

V= velocidad media del agua en m/s

S= pendiente en m/m., n = Coeficiente de rugosidad

Z= talud, b = ancho de solera en m

y = tirante en m., A= área hidráulica en m²,

B.L. = H-y = borde libre en m

H= profundidad total desde corona al fondo del canal en m.

C= ancho de corona en m.

▪ Caudal (Q)

Para el diseño de un canal a nivel parcelario, el caudal tiene que ser un dato de partida, que se puede calcular con base en el módulo de riego (l/s/ha), la superficie que se va a regar (ha) y el caudal que resulte de las pérdidas de infiltración durante la conducción.

En el caso de que el canal sirva para evacuar excedentes de las aguas pluviales, el caudal de diseño se calcula tomando en cuenta las condiciones hidrológicas. En cualquiera de los casos, por lo general lo que se busca es encontrar las dimensiones del canal, para conducir el caudal determinado de acuerdo con las necesidades de uso del proyecto, sea para riego, drenaje, hidroeléctrico ó uso poblacional.

▪ **Velocidad media de los canales (V)**

La velocidad media se puede determinar por medio de la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Las velocidades en los canales varían en un ámbito cuyos límites son: la velocidad mínima, que no produzca depósito de materiales sólidos en suspensión (sedimentación); y la máxima que no produzca erosión en las paredes y el fondo del canal. A la inversa, la sedimentación debida a velocidades muy bajas, provoca problemas por enbancamiento y disminución de la capacidad de conducción y origina mayores gastos de conservación. Se han encontrado muchos resultados experimentales sobre estos límites, para canales alojados en tierra, en general están comprendidos entre 0.30 y 0.90 m/s.

Cuadro N°2.5. Velocidades máximas recomendadas en función a las características del suelo

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	VELOCIDADES MAXIMAS (m/s)
Canales en tierra franca	0.60
Canales en tierra arcillosa	0.90
Canales revestidos con piedra y mezcla simple	1.00
Canales con mampostería de piedra y concreto	2.00
Canales revestidos con concreto	3.00
Canales en roca:	
pizarras	1.25
areniscas consolidadas	1.50
roca dura, granito, etc.	3 a 5

Fuente: M. Villón. B (2007). Hidráulica de canales

Nota: resulta práctico durante los cálculos, no darse valores de velocidad, sino chequearlos, ya sea aplicando la fórmula de Manning ó la ecuación de

continuidad, de tal manera que los resultados obtenidos estén dentro del rango recomendado.

▪ **Pendiente admisible en canales de tierra (S)**

La pendiente, en general, debe ser la misma que permita dominar la mayor superficie posible de tierra y que, a la vez de valores para la velocidad que no causen erosión del material en el que está alojado el canal. La pendiente máxima admisible para canales de tierra varían según la textura; en **Cuadro N°2.6**, se muestran las pendientes máximas recomendadas en función del tipo de suelo.

Cuadro N°2.6. Pendientes laterales apropiadas para canales construidos en diferentes clases de materiales.

Material	Pendiente lateral
Roca	Aproximadamente vertical
Estiércol y suelos de turba	1/4 : 1
Arcilla rígida o tierra con recubrimiento de concreto	1/2 : 1 a 1:1
Tierra con recubrimiento de piedras o tierra en canales grandes	1 : 1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1 1/2 : 1
Tierra arenosa suelta	2 : 1
Marga arenosa o arcilla porosa	3 : 1

Fuente: Ven Te Chow (1994). Hidráulica de canales abiertos.

Nota:

1. Durante el diseño no necesariamente se debe tomar estos valores máximos.
2. Cuando las velocidades resultan erosivas, reducir la pendiente produce una sensible disminución de la velocidad

▪ **Taludes (Z)**

Los taludes se definen con la relación de proyección horizontal a la vertical de la inclinación de las paredes laterales. La inclinación de las paredes laterales depende en cada caso particular de varios factores, pero muy particularmente de la clase de terreno en donde estén alojados. Mientras más inestable sea el material, menor será el ángulo de inclinación de los taludes.

En el **Cuadro N°2.7**, se indican los valores de los taludes recomendados para distintos materiales.

Cuadro N°2.7. Taludes recomendados en función del material
Talud Z: 1 (horizontal: vertical)

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	CANALES POCO PROFUNDOS	CANALES PROFUNDOS
Rocas con buenas condiciones	Vertical	0.25 : 1
Arcillas compactas o conglomeradas	0.5 : 1	1 : 1
Limos arcillosos	1 : 1	1.5 : 1
Limos arenosos	1.5 : 1	2 : 1
Arenas sueltas	2 : 1	3 : 1

Fuente: M.Villón.B (2007). Hidráulica de canales

▪ **Ancho de solera (b)**

Para cálculos posteriores fijar de antemano un valor para el ancho de solera, plantilla ó base, con lo cual se pueden manejar con facilidad las fórmulas para calcular el tirante. Una forma práctica de fijar el ancho de solera, se basa en el caudal, y se muestra en la **Cuadro N°2.8.**

Cuadro N°2.8. Ancho de solera en función del caudal

Caudal (Q) (m ³ /s)	Ancho de solera (b) (m)
Menor de 0.100	0.30
Entre 0.100 y 0.200	0.50
Entre 0.200 y 0.400	0.75
Mayor de 0.400	1.00

Fuente: M.Villón.B (2007). Hidráulica de canales

▪ **Tirante (y)**

Una regla empírica general usada en los Estados Unidos, establece el valor máximo de la profundidad de los canales de tierra según la siguiente relación:

$$y = \frac{1}{2} \sqrt{A} \dots\dots (2.13)$$

y en la India:
$$y = \sqrt{\frac{A}{3}} \dots\dots (2.14)$$

Dónde: y = tirante hidráulico (m), A= área de la sección transversal (m²).

Otros establecen que: $y = b/3 \dots\dots (2.15)$

▪ Borde libre (B.L.)

En la determinación de la sección transversal de los canales, resulta siempre necesario dejar cierto desnivel entre la superficie libre del agua para el tirante normal y la corona de los bordos, como margen de seguridad, a fin de absorber los niveles extraordinarios, que puedan presentarse por encima del caudal de diseño del canal:

$B.L. = H - y \dots\dots (2.16)$

Una práctica corriente para canales en tierra, es dejar un bordo libre o resguardo igual a un tercio del tirante, es decir: $B.L. = y/3 \dots\dots (2.17)$

Mientras que para canales revestidos. El bordo libre puede ser la quinta parte del tirante, es decir: $B.L. = y/5 \dots\dots (2.18)$

Existen también otros criterios prácticos para designar el valor del borde libre, de acuerdo al **Cuadro 2.9 y 2.10.**

Cuadro N° 2.9. En relación con el caudal

Caudal (Q) (m ³ /s)	Borde Libre (m)
Menores que 0.5	0.30
Mayores que 0.5	0.40

Cuadro N°2.10. En relación con el ancho de solera

Ancho de solera (m)	Borde Libre (m)
Hasta 0.80	0.40
de 0.80 a 1.50	0.50
de 1.50 a 3.00	0.60
de 3.00 a 20.00	1.00

Fuente: M.Villón.B (2007). *Hidráulica de canales*

▪ **Profundidad Total (H)**

La profundidad total del canal, se encuentra una vez conocido el tirante de agua y el borde libre, es decir: $H = y + B.L.....$ (2.19)

En forma práctica, para su construcción esta profundidad total se suele redondear, asumiendo su variación el valor del borde libre.

▪ **Ancho de corona ó camino de servicio (C)**

El ancho de corona de los bordes de los canales en su parte superior, depende esencialmente del servicio que estos habrán de prestar. En canales grandes se hacen suficientemente anchos de 6.50 m como mínimo, para permitir el tránsito de vehículos y equipos de conservación a fin de facilitar los trabajos de inspección y distribución de agua. En canales más pequeños, el ancho superior de la corona puede diseñarse aproximadamente igual al tirante del canal. En función del caudal se puede considerar un ancho de corona de 0.60 m, para caudales menores de 0.50 m³/s y 1.00 m para caudales mayores. Nota: las consideraciones prácticas mencionadas anteriormente, debe tomarse solamente como valores referenciales para dar inicio al diseño de canales y no como valores finales de diseño, estos se obtendrán solo después, de realizar los chequeos correspondientes, usando la fórmula de Manning y la ecuación de continuidad.

D. Condiciones críticas

- *Ven te Chow (1994)*, menciona que el régimen crítico del flujo a través de una sección de canal se caracteriza por varias condiciones importantes: 1) la energía específica es mínima para un caudal determinado; 2) el caudal es máximo para una determinada energía específica; 3) la fuerza específica es mínima para un caudal determinado; 4) la altura de velocidades es igual a la mitad de la profundidad hidráulica en un canal de baja pendiente; 5) el número de Froude es igual a la unidad; y 6) la velocidad de flujo en un canal de baja pendiente con distribución uniforme de velocidades es igual a la celeridad de pequeñas ondas gravitacionales en aguas poco profundas causadas por perturbaciones locales. Si el estado crítico del flujo existe a través de toda la longitud del canal o/a lo largo de un tramo de éste, el flujo en el canal es un flujo crítico.

De los términos de régimen crítico puede definir:

- Caudal o gasto crítico (Q): es el caudal máximo para una energía específica determinada, o el caudal que se producirá con una energía específica mínima.
- Tirante crítico (y_c): es el tirante hidráulico que existe cuando el caudal es máximo, para una energía específica determinada, o el tirante al que ocurre un caudal determinado con la energía específica mínima.
- Velocidad crítica (v_c): es la velocidad media cuando el caudal es el crítico.
- Pendiente crítica (S_c): es el valor particular de la pendiente del fondo del canal, para la cual este conduce un caudal (Q) en régimen uniforme y con energía específica mínima, o sea, que en todas sus secciones se tiene el tirante crítico, formándose el flujo crítico uniforme.
- Régimen subcrítico: son las condiciones en las que los tirantes son mayores que los críticos, las velocidades menores que las críticas y los números de Froude menores que 1. Es un régimen lento, tranquilo, fluvial, adecuado para canales principales o de navegación.
- Régimen supercrítico: son las condiciones hidráulicas en las que los tirantes son menores que los críticos, las velocidades mayores que las críticas y los números de Froude mayores que 1. Es un régimen rápido, torrencial, pero perfectamente estable, puede usarse en canales revestidos.

Para establecer el tipo de flujo en un canal son:

a) Por medio de los tirantes:

si: $y < y_c$, el flujo es supercrítico o rápido

si: $y = y_c$, el flujo es crítico

si: $y > y_c$, el flujo es subcrítico o lento

b) Por medio de la pendiente del fondo (S_f):

si: $S_f < S_c$, el flujo es subcrítico o lento

si: $S_f = S_c$, el flujo es crítico

si: $S_f > S_c$, el flujo es supercrítico o rápido

c) Por medio del número de Froude:

si: $F < 1$, el flujo es subcrítico o lento

si: $F = 1$, el flujo es crítico

si: $F > 1$, el flujo es supercrítico o rápido

d) Por medio de las velocidades medias:

si: $V < V_c$, el flujo es subcrítico o lento

si: $V = V_c$, el flujo es crítico

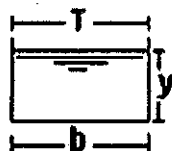
si: $V > V_c$, el flujo es supercrítico rápido

D.1. Ecuaciones del régimen crítico

- El régimen crítico del flujo ha sido definido anteriormente como la condición para el cual el número de Froude es igual a la unidad ó definición más común es el estado de flujo para el cual la energía específica es mínima para un caudal determinado.
- De la relación de la ecuación indica que dada la forma de la sección del canal y el caudal, existe un tirante crítico único y viceversa.

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c} \dots\dots\dots (2.20)$$

A continuación utilizaremos los parámetros de un régimen crítico para una sección rectangular:



Del cuadro N°2.3, se tiene:

$$A = b \cdot y$$

$$T = b$$

▪ Relación entre el tirante crítico y el caudal unitario

Si el caudal unitario:

$$q = \frac{Q}{b} \dots\dots(2.21)$$

Reemplazando (3.19) en (3.18), se tiene:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}} \dots\dots(2.22)$$

▪ Relación entre la velocidad y el tirante crítico

De la **Ec. de Continuidad**, tenemos: $Q = V \cdot A \dots\dots (2.23)$

reemplazando (3.21) en (3.20):

$$\frac{V_c^2}{g} = y_c \Rightarrow V_c = \sqrt{g \cdot y_c} \dots\dots(2.24)$$

▪ Relación entre la energía específica mínima y el tirante crítico

$$E_{\min} = y_c + \frac{V_c^2}{2g} = \frac{3}{2} y_c \dots\dots(2.25)$$

▪ Por tanto para la sección rectangular se cumple:

$$\bar{y} = \frac{A}{T} = \frac{by}{b} = y \dots\dots(2.26)$$

▪ Si el número de Froude:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y}} = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y}} \dots\dots(2.27)$$

De la ecuación (2.24), se tiene:

$$\frac{V_c^2}{g \cdot y_c} = \frac{V_c}{\sqrt{g \cdot y_c}} = 1$$

»» Entonces $F_c = 1$

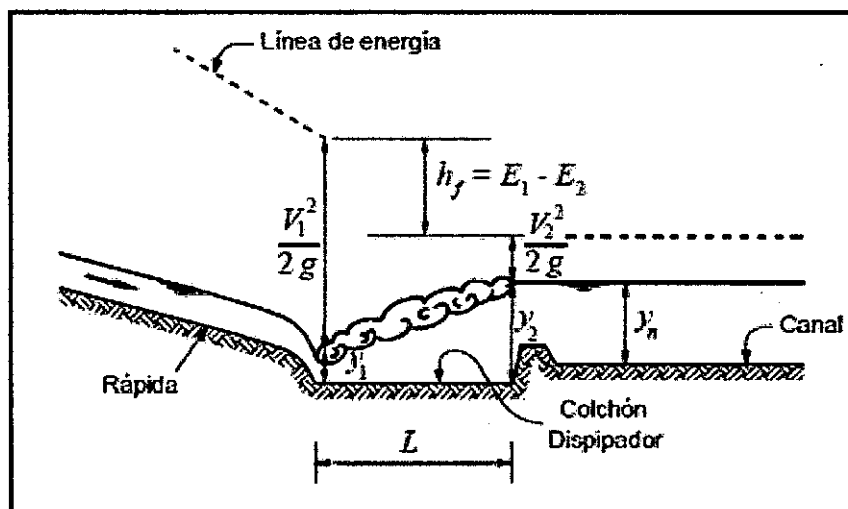
E. Resalto Hidráulico

Dalmati D. (1962). "*Manual de Hidráulica*". El resalto hidráulico, es un fenómeno local mediante el cual se verifica el pasaje, de una manera brusca, del régimen veloz al lento. El está acompañado de una agitación más o menos marcada y de grandes pérdidas de energía.

Ven te Chow (1997). "*Hidráulica de canales abiertos*". Resalto hidráulico también se le conoce como una *onda estacionaria*. La teoría del resalto desarrollada corresponde a canales horizontales o ligeramente inclinados en los que el peso del agua dentro del resalto tiene muy poco a efecto sobre su comportamiento, sin embargo los resultados obtenidos de este modo pueden aplicarse a la mayor parte de los canales encontrados en problemas de ingeniería. En canales con pendiente alta el efecto del peso del agua dentro del resalto puede ser tan significativo que debe incluirse en el análisis.

Villón. B. M. (2007). "*Hidráulica de canales*". Es un fenómeno local, que se presenta en el flujo rápidamente variado, el cual va siempre acompañado por aumento súbito del tirante y una pérdida de energía bastante considerable, en un tramo relativamente corto. Ocurre en el paso brusco de régimen supercrítico (rápido) a régimen subcrítico (lento), y el tirante en un corto tramo cambia de un valor inferior al crítico a otro superior a éste.

Fig. N°2.3. Ejemplo de Resalto hidráulico



- Para un flujo supercrítico en un canal rectangular horizontal, la energía del flujo se disipa a través de la resistencia de fricción a lo largo del canal, dando como resultado un descenso en la velocidad y un incremento en la dirección del flujo y_2 , aguas abajo satisfacen la siguiente ecuación:

- a). Conocido el tirante conjugado menor (y_1) y la velocidad:

$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{2v_1^2 y_1^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{4}} \dots\dots\dots(2.28)$$

- b). Conocido el N° de Froude y el tirante conjugado menor (y_1):

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{8F_1^2 + 1} - 1 \right] \dots\dots\dots(2.29)$$

- En el régimen subcrítico: cuando se tiene el tirante conjugado mayor (y_2) y el número de Froude:

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{8F_2^2 + 1} - 1 \right) \dots\dots\dots(2.30)$$

- Altura del resalto hidráulico: $\frac{h_f}{E_1} = \frac{\sqrt{1 + 8F_1^2} - 3}{F_1^2 + 2} \dots\dots\dots(2.31)$

- Longitud del Resalto o colchón:

Para calcular la longitud del colchón puede usarse la fórmula de Sieñchin:

$$L = K (y_2 - y_1) \dots\dots\dots(2.32)$$

Siendo $K = 5$ para un canal de sección rectangular.

- También se puede utilizar la tabla N°2.2. de U.S Bureau of Reclamation para el cálculo de “L”, del resalto hidráulico en un canal rectangular.

Tabla N°2.2. Valores para el cálculo del resalto hidráulico en relación con el N° de Froude y el tirante conjugado mayor

F_1	1.70	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	8.00	10.00
L/y_2	4.00	4.35	4.85	5.28	5.55	5.80	6.00	6.10	6.12	6.10

Dónde: $F = N^\circ$ de Froude

y_2 = tirante conjugado mayor

F. Curva de Remanso

Ven te Chow (1994), menciona que la curva de remanso se utiliza primordialmente para indicar la curva longitudinal de la superficie del agua represada aguas arriba de una presa o un río tributario debido a una creciente en la corriente principal.

Villón B. M. (2007), menciona que las curvas de remanso o ejes hidráulicos son perfiles longitudinales que adquiere la superficie libre del líquido en un canal cuando se efectúa un escurrimiento bajo las condiciones de flujo gradualmente variado.

Teniendo en cuenta la clasificación de Bakhmeteff para las curvas de remanso basada en el tipo de pendiente y las zonas de generación del perfil, se tienen las curvas M1, M2, M3, C1,.....A2, A3, las mismas que se muestran la tabla N°3.3.

Tabla N°2.3. Clasificación de las curvas de remanso

Pendiente del canal	Designación			Relación de y con y_n y y_c			Tipo general de curva	Tipo de flujo
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 1	Zona 2	Zona 3		
Horizontal $S_o = 0$	Ninguno			$y > y_n > y_c$			Ninguno	Ninguno
		H2		$y_n > y > y_c$			Caída	Subcrítico
			H3	$y_n > y_c > y$			Remanso	Supercrítico
Suave $0 < S_o < S_c$	M1			$y > y_n > y_c$			Remanso	Subcrítico
		M2		$y_n > y > y_c$			Caída	Subcrítico
			M3	$y_n > y_c > y$			Remanso	Supercrítico
Crítica $S_o = S_c > 0$	C1			$y > y_c = y_n$			Remanso	Subcrítico
		C2		$y_c = y = y_n$			Paralelo al fondo del canal	Uniforme - Crítico
			C3	$y_c = y_n > y$			Remanso	Supercrítico
Empinada $S_o > S_c > 0$	S1			$y > y_c > y_n$			Remanso	Subcrítico
		S2		$y_c > y > y_n$			Caída	Supercrítico
			S3	$y_c > y_n > y$			Remanso	Supercrítico
Adversa $S_o < 0$	Ninguno			$y > (y_n)^* > y_c$			Ninguno	Ninguno
		A2		$(y_n)^* > y > y_c$			Caída	Subcrítico
			A3	$(y_n)^* > y_c > y$			Remanso	Supercrítico

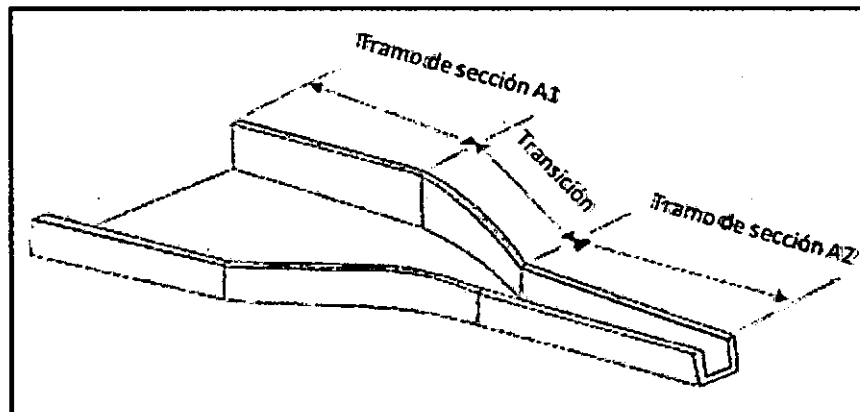
$(y_n)^*$ = valor positivo, Fuente: Ven te Chow (1994). Hidráulica de canales abiertos.

2.4.2. Diseño hidráulico de obras de arte

2.4.2.1. Transición

La transición (figura N°2.4), es una estructura que se usa para ir modificando en forma gradual la sección transversal de un canal, cuando se tiene que unir dos tramos con diferentes formas de sección transversal, pendiente o dirección.

Fig. N°2.4. Vista isométrica de una transición en un canal



La finalidad de la transición es evitar que el paso de una sección a la siguiente, de dimensiones y características diferentes, se realice de un modo brusco, reduciendo de ese modo, las pérdidas de carga en el canal.

Las transiciones se diseñan a la entrada y/o salida de diferentes estructuras tales como: tomas, rápidas, caídas, desarenadores, puentes canales, alcantarillas, sifones invertidos, etc.

➤ Diseño simplificado de transiciones (transición recta)

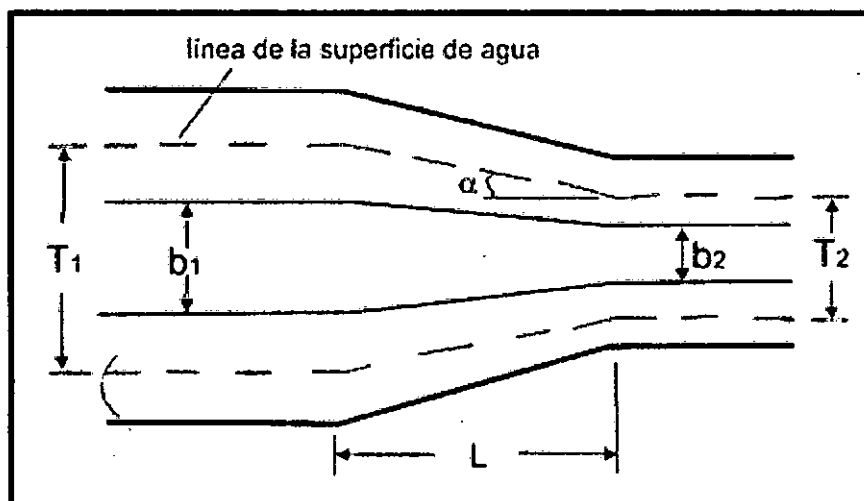
Para el diseño de una transición recta, se debe definir la longitud de la transición de modo que las pérdidas en el paso entre dos tramos de características diferentes sean las mínimas posibles. En hidráulica y en el diseño de estructuras hidráulicas las mayorías de fórmulas que se han obtenido son de resultados experimentales, las fórmulas que se presentan en esta sección y las que siguen tienen este carácter, la

confianza que tendremos de su uso estriba en que se han aplicado con buenos resultados en el diseño de muchas estructuras hidráulicas.

➤ **Cálculo de la longitud de la transición**

La figura N°2.5, muestra un esquema en planta de una transición que une dos tramos de diferentes formas de un canal

Fig.N°2.5. Vista en planta de una transición



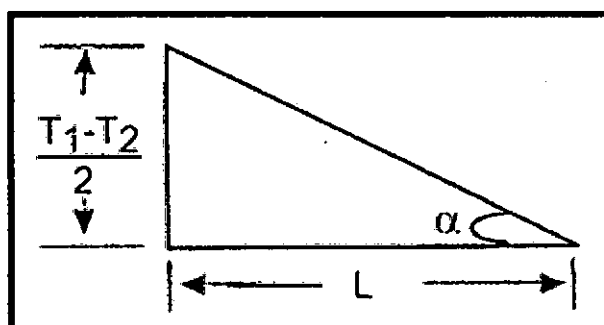
Dónde:

T_1 y T_2 = espejos de agua,

b_1 y b_2 = los anchos de solera

α = ángulo que forman los espejos de agua

Se puede observar que se cumple que:



Del triángulo la $\tan \alpha$, se expresa en:

$$\tan \alpha = \frac{T_1 - T_2}{L} \dots\dots\dots(2.33)$$

Despejando L, se obtiene:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan \alpha} \dots\dots\dots(2.34)$$

De la ecuación (2.34), se observa que si “ α ” crece, entonces $\tan \alpha$ crece por lo que “L” decrece, mientras que si “ α ” decrece, el valor de L se incrementa. Por cuestiones económicas, es necesario definir una longitud L, adecuada que produzca pérdidas mínimas.

- Según las experiencias de Julian Hinds, y según el Bureau of Reclamation, recomienda:

$\alpha = 12^\circ 30'$, cuando se requiere mínima pérdida de carga.

$\alpha = 22^\circ 30'$, cuando se puede aceptar pérdidas de cargas
(tales como caídas, rápidas, sifones, etc.).

2.4.2.2. Rápida

Las rápidas son estructuras que sirven para enlazar dos tramos de un canal donde existe un desnivel considerable en una longitud relativamente corta. La decisión entre la utilización de una rápida y una serie de caídas escalonadas está supeditado a un estudio económico comparativo.

Datos de campo necesario para el diseño hidráulico

Se requiere conocer las propiedades hidráulicas y elevaciones de la rasante y de las secciones del canal aguas arriba y aguas abajo de la rápida, así como un perfil del tramo donde se localizará la estructura.

➤ Elementos de una rápida

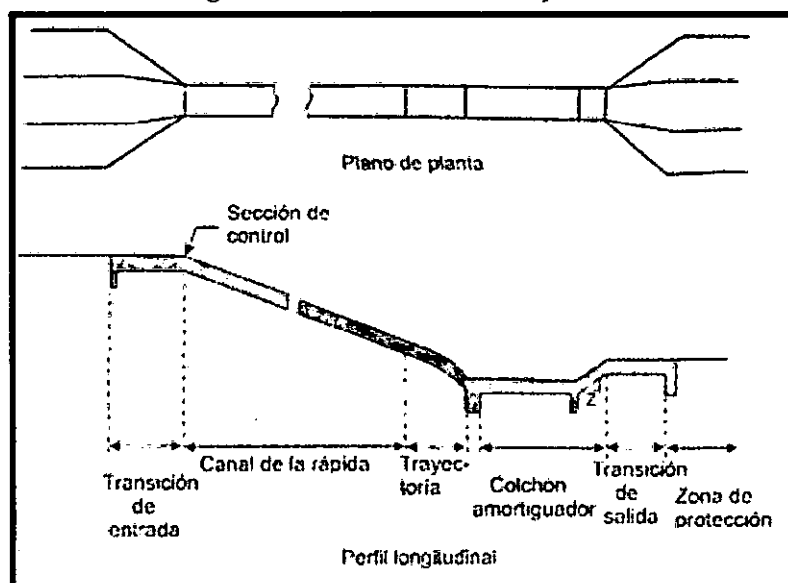
Los elementos de una rápida se muestran en la figura 2.6, la cual está compuesta de:

Transición de entrada: une por medio de un estrechamiento progresivo la sección del canal superior con la sección de control.

Sección de control: es la sección correspondiente al punto donde comienza la pendiente fuerte de la rápida, manteniéndose en este punto las condiciones críticas. En la rápida generalmente se mantiene una pendiente mayor que la necesaria para mantener el régimen crítico, por lo que el tipo de flujo que se establece es el flujo supercrítico.

Canal de la rápida: es la sección comprendida entre la sección de control y el principio de la trayectoria. Puede tener de acuerdo a la configuración del terreno una o varias pendientes. Son generalmente de sección rectangular o trapezoidal.

Fig.Nº2.6. Elementos de una rápida



Trayectoria: es la curva vertical parabólica que une la última pendiente de la rápida con el plano inclinado del principio del colchón amortiguador. Debe diseñarse de modo que la corriente de agua permanezca en contacto con el fondo del canal y no se produzcan vacíos. Si la trayectoria se calcula con el valor de la aceleración de la gravedad como componente vertical, no habrá presión del agua sobre el fondo y el espacio ocupado por el aire aumentará limitándose así la capacidad de conducción del canal, por lo que se acostumbra usar como componente vertical un valor inferior a la aceleración de la gravedad o incrementar el valor de la velocidad para que la lámina de agua se adhiera al fondo del canal.

Tanque amortiguador, colchón dissipador o poza de dissipación: es la depresión de profundidad y longitud suficiente diseñada con el objetivo de absorber parte de la energía cinética generada en la rápida, mediante la producción del resalto hidráulico, y contener este resalto hidráulico dentro de la poza. Se ubica en el extremo inferior de la trayectoria.

Transición de salida: tiene el objetivo de unir la poza de dissipación con el canal aguas abajo.

Zona de protección: con el fin de proteger el canal sobre todo si es en tierra, se puede revestir con mampostería.

➤ **Diseño de una rápida**

Procesos:

- Cálculo utilizando el análisis del flujo en un perfil longitudinal con tramos de pendiente fuerte y calculando las curvas de remanso. Para simplificar cálculos puede usar H-CANALES.
- Procedimiento indicado en este trabajo.

➤ **Procedimiento para el diseño de una rápida.**

1. Diseño del canal, aguas arriba y aguas abajo de la rápida: Utilizar las consideraciones prácticas que existen para el diseño de canales.

2. Cálculo del ancho de solera en la rápida y el tirante en la sección de control:

En la sección de control se presentan las condiciones críticas, para una sección rectangular con las ecuaciones (2.22) y (2.25), del régimen crítico se cumplen son las siguientes:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$y_c = \frac{2}{3} E_{\min} \dots\dots\dots(2.25)$$

Igualando (2.22) y (2.23), se obtiene:

$$b = \sqrt{\frac{27 Q^2}{8 E_{\min}^3 g}} \dots\dots\dots(2.35)$$

Se puede asumir que $E_{\min} = E_n$ (energía específica en el canal), para inicio de los cálculos y realizar la verificación.

También se puede suponer un ancho de solera en la rápida, calcular el tirante crítico en la sección de control y por la ecuación de la energía calcular el tirante de inicio de la transición. Para que se dé en la sección de control el tirante crítico, al aplicar la ecuación de la energía puede requerirse que se produzca una sobre elevación del fondo.

Existen fórmulas empíricas para el cálculo del ancho de la rápida, las cuales son:

- De acuerdo a Dadenkov, puede tomarse: $b = 0.765 Q^{\frac{2}{5}} \dots\dots\dots(2.36)$

- Otra fórmula empírica:

$$b = \frac{18.78 \sqrt{Q}}{10.11 + Q} \dots\dots\dots(2.37)$$

Por lo general, el ancho de solera con esta última formula, resulta de mayor dimensión que la obtenida por Dadenkov.

3. Diseño de la transición de entrada

Para el caso de una transición recta la ecuación utilizada es de acuerdo a la ec. 2.34:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan \theta}$$

Dónde:

T_1 y T_2 = espejos de agua,

b_1 y b_2 = los anchos de solera del conducto

$\theta = 22.5^\circ$, ángulo que forman los espejos de agua

4. Cálculo hidráulico en el canal de la rápida

4.1 Cálculo de tirantes y distancias

Se pretende calcular los tirantes para los diferentes tramos (distancias) con respecto a la sección de control.

Puede usarse:

- Cualquier método para el cálculo de la curva de remanso, recomendándose el método de tramos fijos.
- Usar el proceso gráfico de esta metodología.

De la fig. N°2.7., se obtiene: Ecuación de la energía

$$E_1 + \Delta Z = E_2 + \Delta h_{f_{1-2}} \dots \dots \dots (2.38)$$

Gráficamente se resuelve la Ec. De la energía siendo:

$$\Delta Z = S * L \dots \dots \dots (2.39)$$

$$\Delta h_f = \bar{S}_E L \dots \dots \dots (2.40)$$

$$S_E = \left(\frac{n^* v}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \dots\dots\dots(2.41)$$

$$\overline{S_E} = \frac{S_1 + S_2}{2} \dots\dots\dots(2.42)$$

Fig. N°2.7. Comportamiento del flujo, mediante la Ec., de la energía

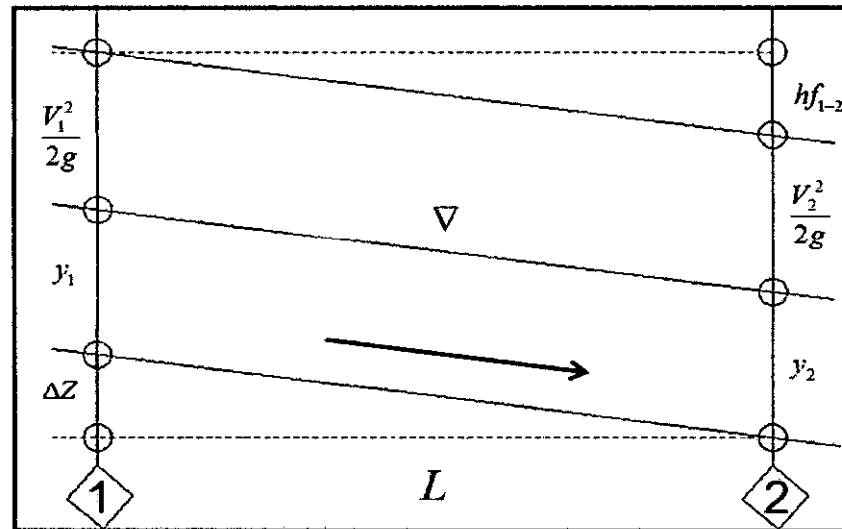
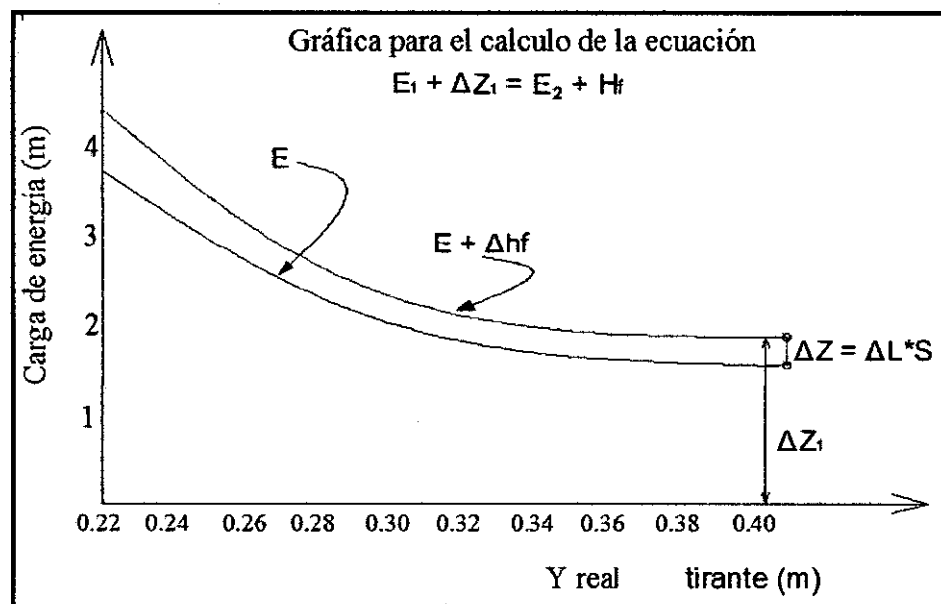


Fig. N°2.8. Gráfica de la ecuación de la energía



Para dibujar la Fig. N°2.8, es conveniente tabular los cálculos en una tabla similar a la que se muestra:

Tabla N°2.4; para los valores calculados

y	A	R	$v = Q/A$	$v^2/2g$	E	Δhf	$E + \Delta hf$

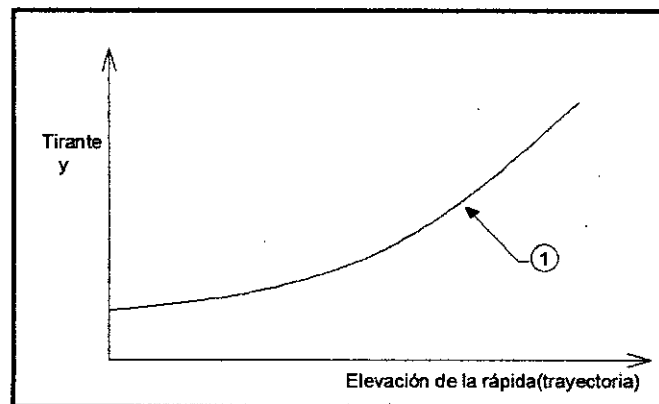
Nota: En la tabla N°2.4., el primer valor de “y”, es el “y” de la sección de control y_c , y el y final tiene un valor menor al y_n en la rápida.

5. Cálculo de la profundidad (elevación) del tanque amortiguador

5.1. Cálculo de la curva elevación (trayectoria de la rápida) - tirante

La curva elevación (trayectoria de la rápida)-tirante es similar a la que se muestra en la figura 2.9, para su cálculo aplicar ecuación de Bernoulli despreciando pérdidas.

Fig. N°2.9 Curva I, elevación de la trayectoria en la rápida vs tirante



Procedimiento:

5.1.1. Calcular la elevación del gradiente de energía en la sección donde se inicia la trayectoria.

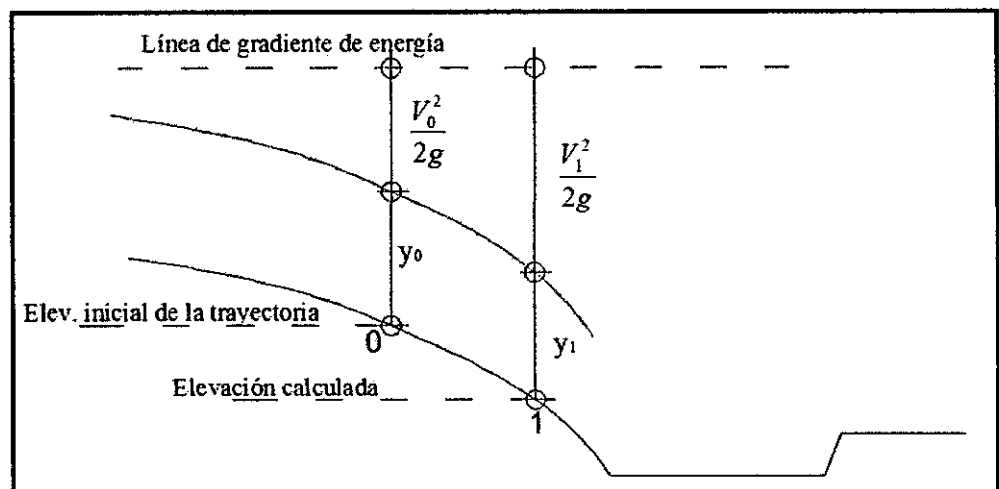
$$Elev.Gradient.Energia = Elev(0) + y_0 + \frac{v_0^2}{2g} \dots\dots\dots(2.43)$$

5.1.2. Calcular los valores para trazar la curva elevación (trayectoria de la rápida)-tirante (una muestra gráfica de los cálculos se indican en la figura 2.8), suponer tirantes menores que y_0 , calcular E y restar de la elevación del gradiente de energía calculado en el paso 1; con los diferentes valores obtenidos se genera la tabla N°2.5.

y	A	v	$v^2/2g$	E	Elevación gradiente de energía - E (elevación trayectoria en la rápida)

Nota: El primer valor de “y”, es el correspondiente al tirante inicial en la trayectoria, y los restantes valores, menores que éste, puesto que en la trayectoria, el “y” decrece al aumentar la velocidad.

Fig. N°2.10. Esquema de cálculo de la elevación de la trayectoria en la rápida



3. Trazar la curva (1), esta se obtiene ploteando la elevación de la trayectoria en la rápida vs tirante.

5.2. Cálculo de la curva: elevación - tirante conjugado menor

La curva elevación-tirante conjugado menor es similar a la que se muestra en la figura N°2.11, para su cálculo realizar el siguiente proceso:

5.2.1. Calcular la elevación del gradiente de energía en la sección del canal después de la rápida, una muestra gráfica de los cálculos se indican en la figura 2.12.

Fig. N°2.11. Curva II, elevación del fondo del colchón amortiguador vs tirante conjugado menor.

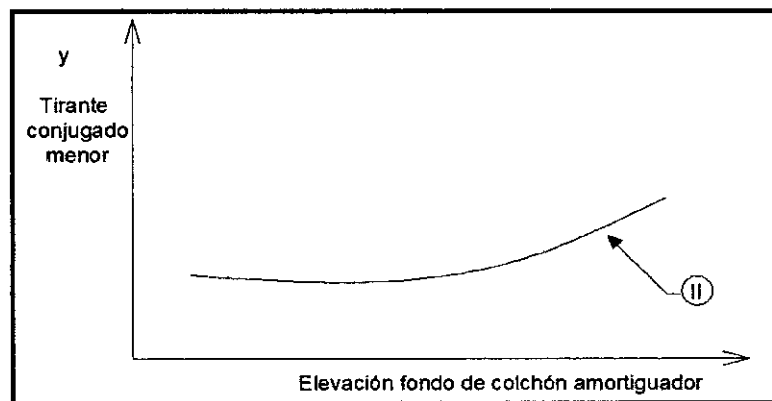
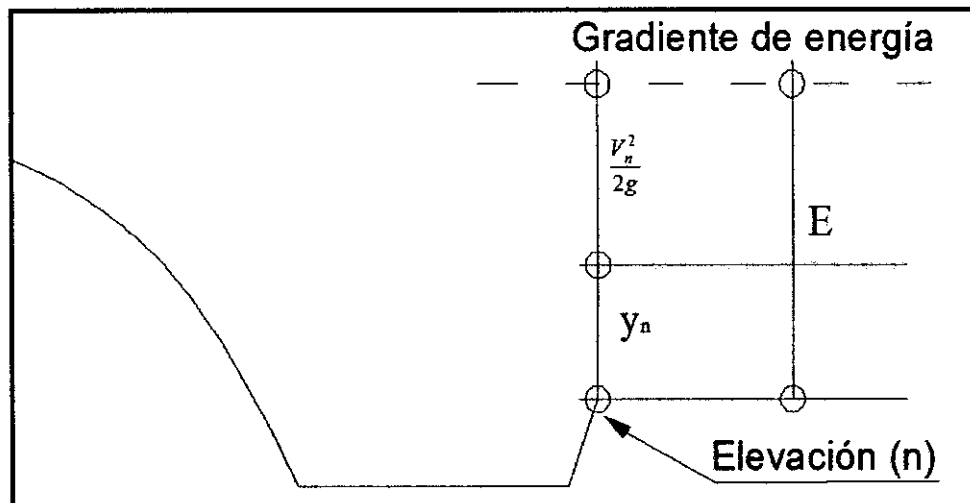


Fig. N°2.12. Esquema de cálculo de la elevación del gradiente de energía después del resalto



La elevación del gradiente de energía después del resalto se calcula de la siguiente manera, según la ec. 2.43.

5.2.2. Elegir y_1 y calcular el tirante conjugado mayor del resalto y_2

(Ver fig. N°2.3., ejm. de resalto hidráulico)

$$Elev.Gradiante.Energia.Total = Elev(n) + y_n + \frac{v_n^2}{2g}$$

- Para una sección rectangular para el cálculo del tirante conjugado la ecuación es (2.28):

$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{2v_1^2 y_1^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{4}}$$

Si $q = Q/b \rightarrow$

$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{2q^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{4}} \dots\dots\dots(2.44)$$

Luego calcular:

$$E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} \dots\dots\dots(2.45)$$

5.2.3. Calcular la elevación del fondo del colchón amortiguador de la poza:

$$Elevación = Elevación \text{ gradiente energía} - E_2$$

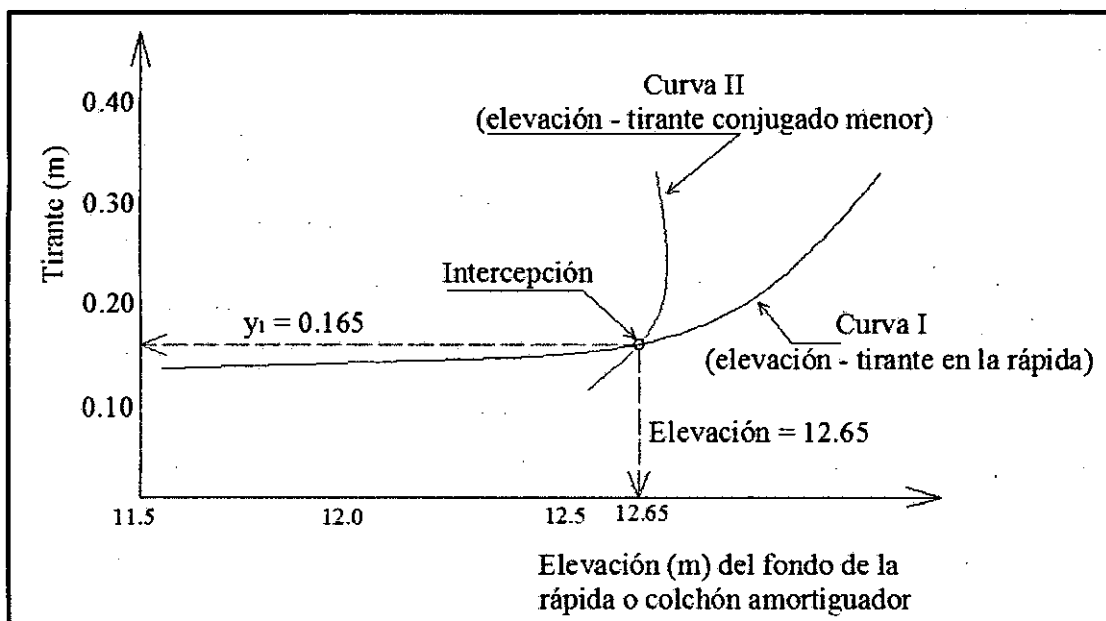
Por lo que los resultados generan la tabla N°2.6.

y_1	y_2	v_2	$v_2/2g$	E_2	Elevación gradiente de energía - E_2 (elevación del colchón amortiguador)

5.3. Graficar las curvas (I) y (II) e interceptarlas (figura 2.14) En el punto de intersección se obtiene:

- Elevación del tanque amortiguador
- Tirante conjugado. menor y_1

Fig. N°2.13. Intercepción de curvas (I y II), para elevación del tanque del colchón amortiguador.



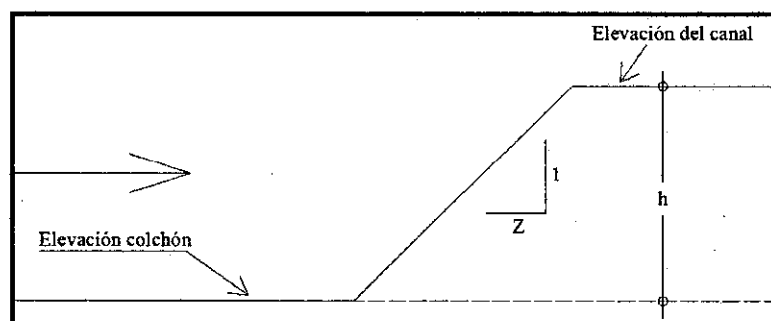
6

6.- Cálculo de la profundidad del colchón amortiguador

La profundidad del colchón amortiguador se calcula de la siguiente forma:

$$h = \text{elevación canal} - \text{elevación colchón} \dots\dots(2.46)$$

Fig. N°2.14. Vista de perfil de la profundidad del colchón amortiguador



La salida del colchón hacia el canal puede construirse en forma vertical, si se construye inclinado se recomienda un talud $Z = 2$

7. Cálculo de la longitud del colchón

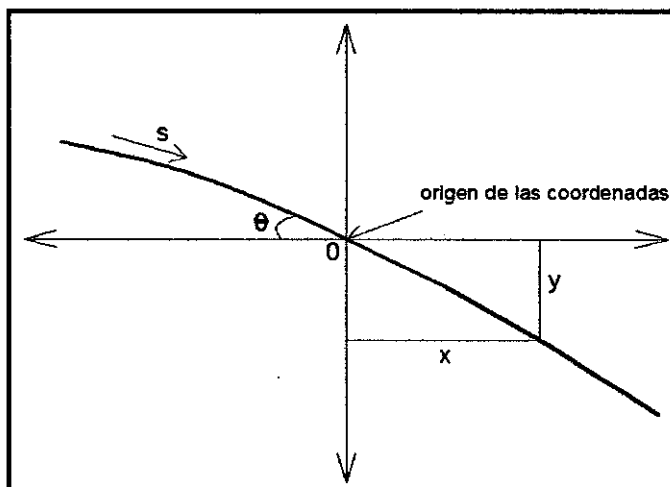
Para cálculos de la longitud del colchón utilizaremos las formulas del ítem (2.4.1.1), apartado (E), ec. (2.32).

8. Cálculo de las coordenadas y elevaciones de la trayectoria parabólica

La trayectoria parabólica pares (x, y) de la rápida, como se muestra en la figura 3.12, se calcula dando valores horizontales de "x" y calculando "y" con la siguiente ecuación:

$$y = -\left(x \operatorname{tag} \theta + \frac{gx^2}{2v_{\max}^2} (1 + \operatorname{tag}^2 \theta)\right) \dots \dots \dots (2.47)$$

Fig. N°2.15. Trayectoria parabólica



Dónde:

y = coordenada vertical (ordenada),

x = coordenada horizontal (abscisa)

θ = ángulo formado por la horizontal y el fondo del canal de la rápida ($\operatorname{tag} \theta = S$).

$v_{\max} = 1.5v$, al principio de la trayectoria con lo cual la ecuación se simplifica de la siguiente manera:

$$y = -\left(xS + \frac{gx^2}{4.5v} (1 + S^2)\right) \dots \dots \dots (2.48)$$

Para los cálculos se dan valores a x y se calcula y, siendo las elevaciones:

elevación = elevación (O) + y, lo cual genera la tabla 2.7.

x	y	Elevación

2.4.2.3. Caídas

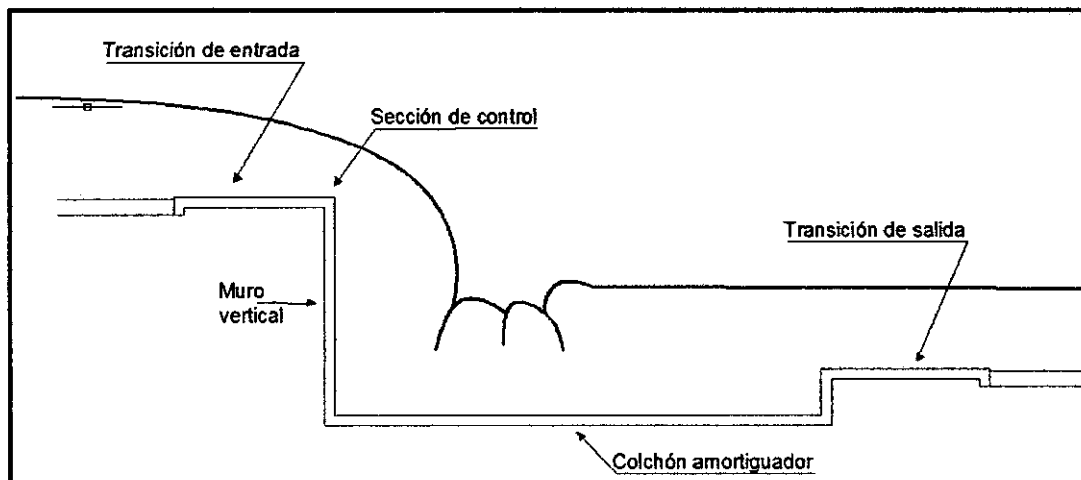
Las caídas son obras de arte que pueden salvar desniveles bruscos del terreno, este salto de agua es llamada Caída. La finalidad de una caída es conducir agua desde una elevación alta hasta una elevación baja y disipar la energía generada por esta diferencia de niveles. La diferencia de nivel en forma de una caída, se introduce cuando sea necesario de reducir la pendiente de un canal.

La caída vertical se puede utilizar para medir el caudal que vierte sobre ella, si se coloca un vertedero calibrado. Las caídas verticales pueden ser de varios tipos y se podría decir que no tienen limitaciones en cuanto al caudal y altura de caída, sin embargo se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1.- Para desniveles \leq a 4 m., será una caída vertical o inclinada, y para desniveles $>$ a 4 m., la estructura se denominara rápida.
- 2.- Las caídas verticales tienen como máximo un desnivel de 1 m., en casos excepcionales se construirán para desniveles mayores.
- 3.- Cuando el desnivel es \leq 0.30 m, y el caudal unitario \leq 300 lt/s x m. ancho de canal, no es necesario poza de disipación.

Elementos de una caída

Fig. N°2.16. Elementos de la caída vertical sin obstáculos



Transición de entrada: une por medio de un estrechamiento progresivo la sección del canal superior con la sección de control.

Sección de control: es la sección correspondiente al punto donde se inicia la caída, cercano a este punto se presentan las condiciones críticas.

Caída en sí: la cual es de sección rectangular y puede ser vertical o inclinada.

Poza o colchón amortiguador: es de sección rectangular, siendo su función la de absorber la energía cinética del agua al pie de la caída.

Transición de salida: une la poza de disipación con el canal aguas abajo.

Procedimiento para el diseño de una caída sin obstáculos

1. Diseño del canal, aguas arriba y aguas abajo de la caída:
Utilizar las consideraciones prácticas que existen para el diseño de canales.
2. Cálculo del ancho de la caída y el tirante en la sección de control

En la sección de control se presentan las condiciones críticas. Para una sección rectangular las ecuaciones que se cumplen son las siguientes:

➤ De la Ec. (2.22):
$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}}$$

➤ De la Ec. (2.25):
$$y_c = \frac{2}{3} E_{\min}$$

➤ De la Ec. (2.35):
$$b = \sqrt{\frac{27Q^2}{8E_{\min}^2 g}}$$

Dónde:

y_c = tirante crítico, q = caudal unitario, g = gravedad, $E_{\min} = E_n$, Q = caudal

También existen otras fórmulas empíricas:

▪ De la Ec. (2.36):
$$b = 0.765 * Q^{\frac{2}{5}}$$

▪ De la Ec.(2.37):
$$b = \frac{18.78 * \sqrt{Q}}{10.11 + \sqrt{Q}}$$

3. Diseño de la transición de entrada y salida, de la Ec. (2.34):
$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 * \tan(22.5^\circ)}$$

Dónde:

T_1 = espejo de agua en el canal,

$T_2 = b$ = ancho de solera en la caída

4. Cálculo del número de la caída vertical, utilizando la siguiente relación:

$$D = \left(\frac{y_c}{h} \right)^3 = \frac{q^2}{g * h^3} \dots\dots\dots(2.49)$$

Dónde:

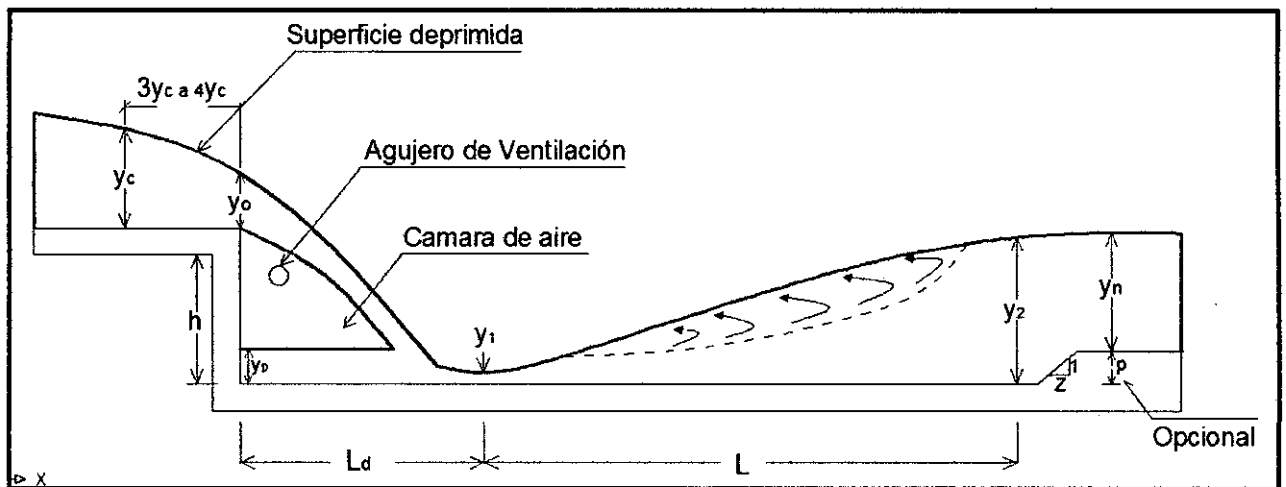
D = número de caída o de salto,

y_c = tirante crítico de la sección de control,

h = desnivel,

q = caudal unitario

Fig. N°2.17. Comportamiento del flujo en la caída vertical sin obstáculos



5. Cálculo de los parámetros de la caída vertical, según Rand (1955), se calculan con un error inferior al 5%, con las siguientes ecuaciones:

$$y_1 = 0.54hD^{0.425} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$L_d = 4.30hD^{0.27} \dots\dots\dots(2.52)$$

$$y_2 = 1.66hD^{0.27} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$y_p = hD^{0.22} \dots\dots\dots(2.53)$$

Dónde: L_d = longitud del pie de caída hasta el punto de impacto,

y_1 = tirante conjugado menor,

y_2 = tirante conjugado mayor,

y_p = altura de depósito de agua

6. Cálculo de la longitud del resalto, de acuerdo al ítem (2.4.1.1), apartado (E), ec. (2.32).

$$L = 5(y_2 - y_1)$$

7. Cálculo de la longitud total del colchón: $L_t = L_d + L \dots \dots \dots (2.54)$

8. Cálculo de la profundidad del colchón:

$$P = 1.15 (y_2 - y_n) \dots \dots \dots (2.55)$$

- Otra consideración práctica: $P = y_2 / 6 \dots \dots \dots (2.56)$

2.4.2.4. Puente canal o acueducto

Un acueducto o puente canal es una estructura que es utilizada con el fin conducir agua de un canal de riego, por encima de otro canal de riego, un dren o una depresión en el terreno. Por lo general para este tipo de estructura se utiliza construcciones de concreto armado.

La longitud mínima de un acueducto sobre cuatro soportes sería alrededor de 10 m. para estructuras de con una longitud menor debe comparar el costo de un acueducto sobre dos soportes con el costo de una alcantarilla u otro. El diseño de un acueducto de mayor longitud (> 20 m.), que actúa en realidad como un canal elevado, se considera como una estructura especial y cae fuera del alcance de este estudio.

1.- Criterios hidráulicos

El diseño hidráulico siempre se realiza antes del diseño estructural, y la información básica consiste en:

- las características hidráulicas del canal de riego.
- las elevaciones del fondo del canal de riego, tanto aguas arriba como aguas debajo de la estructura.

En cuanto a la ubicación del acueducto se debe asegurar que el flujo de agua hacia la estructura sea lo más uniforme posible y orientar y alinear el acueducto de tal forma que no sea un obstáculo ni para el canal que pasa por él, ni para el canal que cruza. En el diseño hidráulico se puede distinguir los siguientes componentes:

- a). *La transición aguas arriba y abajo del acueducto*, deben producir un cambio gradual de la velocidad del agua en el canal mismo, hacia el tramo elevado. Para un canal de sección rectangular se puede determinar la longitud de la transición con la ecuación (2.34):

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan \theta}$$

Dónde: $T_1 = b_1$ (aguas arriba del conducto)

$T_2 = b_2$ (en el conducto)

- a.1). *La entrada*, por lo general las velocidades del agua son más altas en el acueducto que en el canal, resultando una aceleración del flujo en la transición de entrada y una disminución del pelo de agua (tirante), en una altura suficiente para producir el incremento de la velocidad necesaria para superar las pérdidas de cargas por fricción y transición. Cuando se desprecia la pérdida de carga por fricción, que generalmente es mínima, se puede calcular esta disminución (Δy) del pelo de agua con la ecuación:

$$\Delta y = \Delta h_v + c_x h_v = (1 + c_x) \Delta h_v \dots \dots \dots (2.57)$$

Dónde:

Δy = disminución del pelo de agua (m),

c_x = coeficiente de pérdida en la entrada,

Δh_v = diferencia de carga en la velocidad (m):

v_1 = velocidad del agua en el canal aguas arriba (m/s),

v_2 = velocidad del agua en el acueducto (m/s)

$$\Delta h_v = (v_2^2 - v_1^2) / 2g \dots \dots \dots (2.58)$$

La elevación A, en el inicio de la transición de entrada, coincide con la elevación del fondo del canal en esta progresiva, la elevación B, al final de la transición de entrada, o en el inicio del acueducto, se determina según la expresión:

$$\text{Cota}.B = \text{cot}.A + y_1 - (y_2 + \Delta y) \dots \dots \dots (2.59)$$

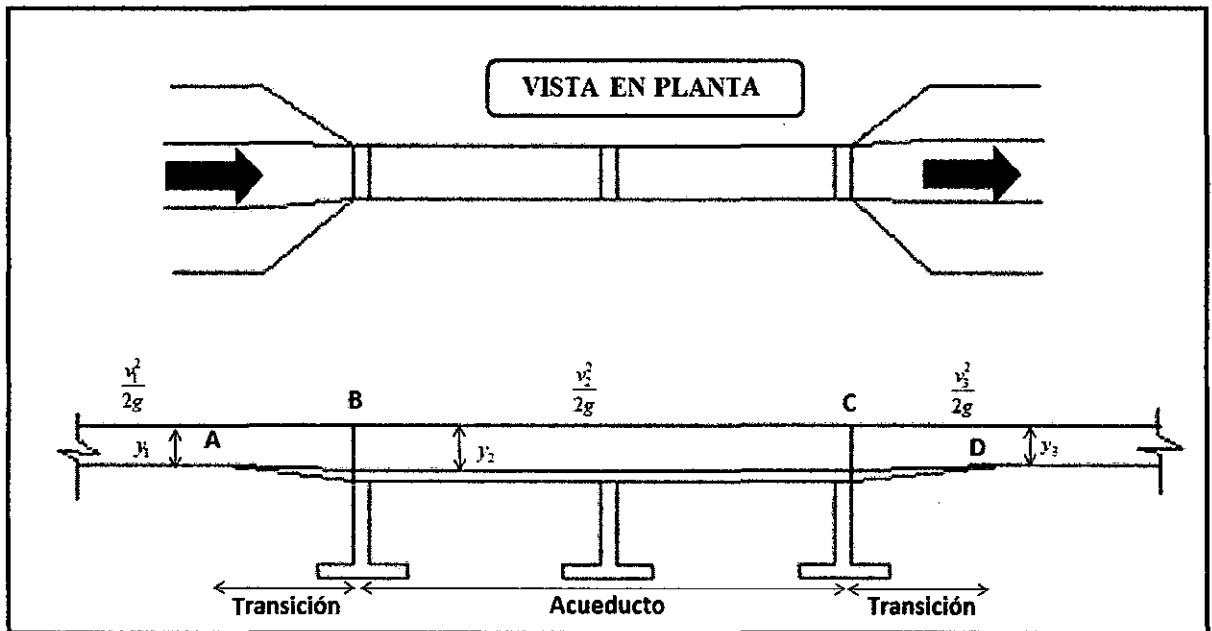
Dónde:

y_1 = tirante del canal aguas arriba (m);

y_2 = tirante de agua en el acueducto (m);

Δy = disminución del pelo de agua (m)

Fig. N°2.18. Pérdidas de carga en un acueducto



a.2). Las estructuras de salida, las velocidades reducen, por lo menos en parte, a los efectos de elevar la superficie del agua. Esta elevación en la superficie del agua, conocida como la recuperación de la altura de velocidad esta normalmente acompañada por una pérdida de conversión, conocida como la pérdida de salida. El incremento (Δy) de la superficie del agua para estructuras de salida es:

$$\Delta y = \Delta h_v + c_0 \Delta h_v = (1 + c_0) \Delta h_v, \dots\dots\dots (2.60)$$

Dónde:

Δy = disminución del pelo de agua (m),

c_0 = coeficiente de pérdida en la salida,

Δh_v = diferencia de carga en la velocidad (m):

$$\Delta h_v = (v_2^2 - v_3^2) / 2g, \dots\dots\dots (2.61)$$

v_2 = velocidad del agua en el acueducto (m/s),

v_3 = velocidad del agua en el canal, aguas abajo (m/s).

La elevación C, en el inicio de la transición de salida, coincide con la elevación del fondo del final del acueducto. La elevación D, al final de la transición de salida, o en el inicio del canal aguas abajo del acueducto, se determina:

$$Cota.D = \cot a.C + [y_3 - (y_2 + \Delta y)] \dots\dots\dots (2.62)$$

Dónde: y_3 = tirante del canal aguas abajo (m);

y_2 = tirante de agua en el acueducto (m);

Δy = disminución del pelo de agua (m)

Los coeficientes recomendados de c_x y c_0 , para usar en los cálculos se observa en el cuadro N°2.11.

Cuadro N°2.11. Coeficientes c_x y c_0 recomendados

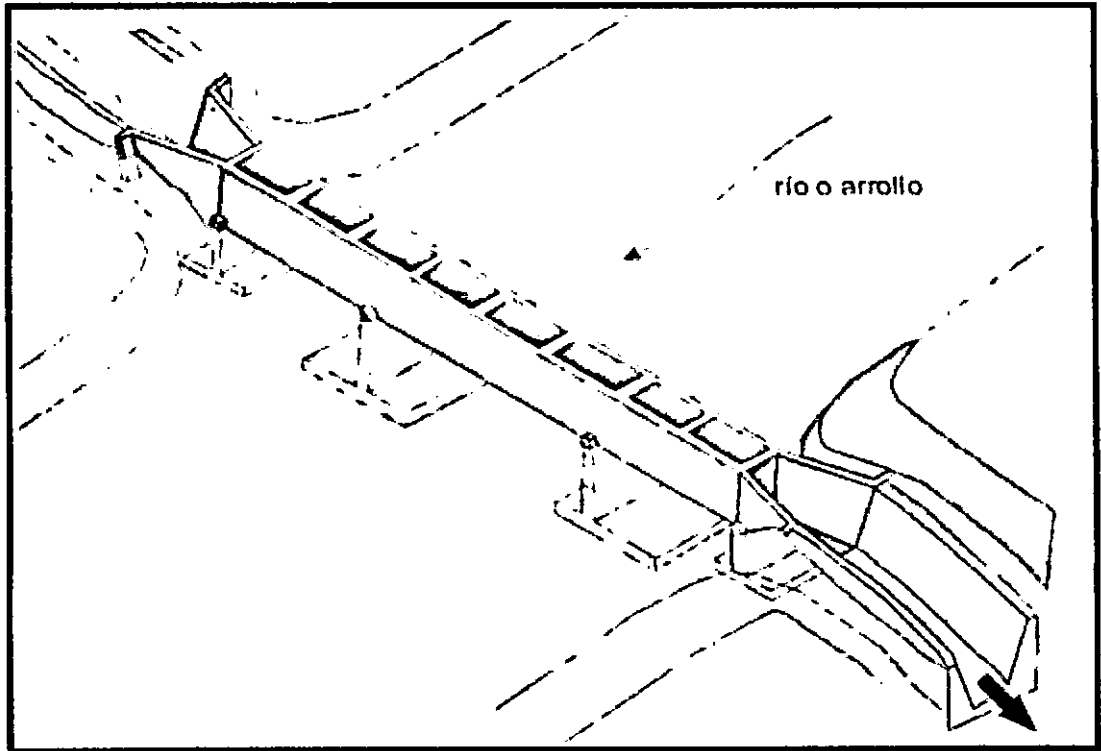
Tipo de transición	c_x	c_0
Curvado	0.1	0.2
Cuadrante cilíndrico	0.15	0.25
Simplificado	0.2	0.3
Línea recta	0.3	0.5
Extremos cuadrados	0.3	0.75

Fuente: Ven Te Chow (1994). *Hidráulica de canales abiertos*.

- b). *El conducto elevado*, generalmente tiene una sección hidráulica más pequeña que la del canal. La pendiente de este conducto debe ajustarse lo más posible a la

pendiente del canal, a fin de evitar cambios en la rasante de fondo del mismo, debe procurarse que en el conducto el flujo sea subcrítico.

Fig.Nº2.19. Esquema de un acueducto



b.1). Diseño del conducto elevado

Por condiciones económicas en ancho debe ser lo menor posible, pero manteniendo siempre el mismo tipo de flujo, en este caso flujo subcrítico. A fin de que las dimensiones sean las mínimas posibles se diseña para condiciones cercanas a las críticas. Para una sección rectangular, en condiciones críticas se cumple las siguientes ecuaciones:

▪ De la ec. (2.22):
$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}}$$

▪ De la ec. (2.25):
$$y_c = \frac{2}{3} E_{\min}$$

▪ De la ec. (2.35):
$$b = \sqrt{\frac{27Q^2}{8E_{\min}^2 g}}$$

2.5. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Para proyectos estructurales (obras hidráulicas, edificaciones, etc.), es importante realizar un estudio de mecánica de suelos para estudiar el comportamiento del suelo para prevenir los problemas geotécnicos como: asentamientos, agrietamientos, deslizamientos y erosiones del terreno. (Ver anexos: cuadros y diagramas de los resultados del estudio de mecánica de suelos).

➤ K. Terzaghi. (1956). *Theoretical Soil Mechanic*.

La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientes de que tengan o no contenido de materia orgánica”.

➤ J. Badillo & R. Rodríguez. (2005). *Mecánica de suelos*

La mecánica de suelos incluye: a) teorías sobre el comportamiento de los suelos sujetas a cargas, basadas en simplificaciones necesarias dado el estado actual de la técnica; b) investigación de las propiedades físicas de los suelos reales; c) aplicación del conocimiento teórico y empírico a los problemas prácticos.

2.6. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Para el presente estudio es importante el levantamiento topográfico debido a permitió la representación gráfica de la superficie del área de estudio, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales. Una vez realizado el levantamiento topográfico correspondiente, fue fundamental procesar la información obtenida en campo con el fin de tener una correcta representación del terreno y que su manejo sea rápido y preciso. (Ver anexo planos: Perfiles longitudinales, secciones transversales y obras de arte).

- **Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. (México). “Topografía aplicada a obras”.**

Previo al diseño y construcción de infraestructura para el aprovechamiento y conducción hidráulica, así como en obras de conservación de suelo y humedad, es fundamental la realización de estudios topográficos que proporcionen la información de campo para el diseño geométrico de tales estructuras. Estos estudios, además de permitir la cuantificación de volúmenes de obra, permiten el establecimiento de puntos de control y niveles útiles en la etapa de construcción.

- **J. McCormac (2012). Topografía.**

El estudio de la topografía es una parte importante en la formación de un ingeniero, aún cuando nunca practique la topografía. Le ayudará notablemente a pensar de forma lógica, a planear, a sentir orgullo del trabajo cuidadoso y preciso, y a registrar su trabajo en forma limpia y ordenada. También aprenderá mucho sobre la importancia relativa de las mediciones, desarrollará cierto sentido de la proporción en cuanto a lo que es importante y lo que no lo es, y adquirirá los hábitos esenciales de revisión de los cálculos numéricos y de las mediciones (una necesidad para cualquier persona que se desenvuelve en el campo de la ingeniería o ciencia). Más aún, el individuo puede encontrarse en una posición en la que debe tomar decisiones referentes a la contratación de servicios topográficos. Sin un entendimiento básico del tema no será capaz de manejar la situación.

2.6.1. ELEMENTOS BÁSICOS PARA EL ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

2.6.1.1. Trazo de canales

Cuando se trata de trazar un canal o un sistema de canales es necesario recolectar la siguiente información básica:

- Fotografías aéreas, imágenes satelitales, para localizar los poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación, etc.
- Planos topográficos y catastrales

Una vez obtenido los datos precisos, se procede a trabajar en gabinete dando un trazo preliminar, el cual se replantea en campo, donde se realiza los ajustes necesarios, obteniéndose finalmente el trazo definitivo. En este caso no existían información topográfica básica, y se procedió a levantar el relieve del canal, teniendo en cuenta los siguientes pasos:

a. Reconocimiento del terreno.- Se recorrió la zona, anotándose todos los detalles que influyen en la determinación de un eje probable de trazo, determinándose el punto inicial y el punto final (georeferenciados con GPS).

b. Trazo preliminar.- Se procedió a levantar la zona con una brigada topográfica, clavando en el terreno las estacas de la poligonal preliminar y luego el levantamiento con estación total, posteriormente a este levantamiento se niveló a la poligonal y se hizo el levantamiento de secciones transversales, estas secciones se hicieron de acuerdo a criterio, el terreno presenta altas y bajas distorsiones de relieve, por lo que se trabajó con cada 5 m en las altas y en las bajas como máximo cada 10 m.

c. Trazo definitivo.- Con los datos de (b) se procedió al trazo definitivo, teniendo en cuenta la escala del plano, la cual dependió básicamente de la topografía de la zona y de la precisión:

- Terrenos con pendiente transversal mayor a 25%, se recomienda escala de 1:500.
- Terrenos con pendiente transversal menor a 25%, se recomienda escalas de 1:1000 a 1:2000.

2.7. ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS

En el presente estudio también se realizó un análisis físico-químico de las fuentes hídricas de los canales de riego con el fin de tener una buena caracterización de los elementos químicos que certificaran la calidad agua para riego. (Ver anexo: cuadro de resultados).

➤ Carrazón. A. J. (2007). Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego.

El conocimiento de la calidad del agua de riego es fundamental para la elección del método de riego, su manejo y el cultivo a implantar. Vendrá determinada por las sales que se encuentran en ella, y dependerá de la naturaleza de éstas y de sus concentraciones. Mediante un análisis fiable del agua de riego se pueden determinar las estrategias de riego que deben llevarse a cabo, según la salinidad del agua y la tolerancia de los cultivos a esta salinidad.

➤ García. T. E. (2009). Manual práctico de pequeñas irrigaciones

La calidad química del agua es la que causa más cuidado o preocupación en un proyecto de riego referido a la composición y concentración de elementos en solución y en este sentido interesa conocer tres factores que son: a) La concentración total de sales solubles, b) La concentración relativa de Sodio, c) La concentración de Boro u otros elementos tóxicos, sobre todo en el caso de ingreso de relaves mineros a la fuente de agua.

2.8. MARCO LEGAL

➤ Ministerio de Economía y finanzas (2011). Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Riego Menor, a Nivel de Perfil.

La mejora de las condiciones de vida en las zonas rurales está ligada al desarrollo de la agricultura y a la intervención del Estado para apoyarlas en el desarrollo de proyectos de inversión. Estos proyectos permiten mejorar los niveles de producción agrícola, el rendimiento de los cultivos, ampliar áreas dedicadas a la agricultura, el acceso a nuevos

mercados y que los agricultores obtengan mejores ingresos, elevando la calidad de vida de sus familias. La elaboración de proyectos de inversión adecuados en riego menor es fundamental, lo que implica disponer de herramientas apropiadas para su identificación, formulación y evaluación. Son proyectos de riego menor aquellos que están dirigidos a apoyar a agricultores que trabajan en parcelas, por lo general, no mayores de 5 hectáreas y que, en conjunto, no superan las 500 hectáreas.

➤ **Ley Orgánica de Municipalidades N°27972 del 2003**

Establece en el artículo 79, inciso 4.1: ejecutar directamente ó proveer la ejecución de las obras de infraestructura urbana o rural que sean indispensables para desenvolvimiento de la vida del vecindario, la producción, el comercio, el transporte y la comunicación en el distrito, tales como pistas o calzadas, vías, puentes, parques, mercados, *canales de irrigación*, locales comunales y obras similares, en coordinación con la municipalidad provincial respectiva.

➤ **Ley de Recursos Hídricos N°29338, del 2009**

Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Se promulgó el 30 de marzo del 2,009 y actualmente se encuentra en proceso de implementación y menciona lo siguiente: Título I, Artículo 3°. Declaración de Interés Nacional y Necesidad Publica Declárase de interés nacional y necesidad publica la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el manejo de las cuencas hidrográficas y los acuíferos para la conservación e incremento del agua, así como asegurar su calidad fomentando una nueva cultura del agua, para garantizar la satisfacción de la demanda de las actuales y futuras generaciones.

Título II, Artículo 12°. Son objetivos del Sistema Nacional de Gestión de Los Recursos Hídricos los siguientes: a) Coordinar y asegurar la gestión integrada y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, el uso eficiente y el incremento de los recursos hídricos, con estándares de calidad en función al uso respectivo. b) Promover la elaboración de estudios y la ejecución de proyectos y programas de investigación y capacitación en materia de gestión de recursos hídricos.

GLOSARIO

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

CO-Morropón: Climatología ordinaria - Morropón.

CP-Chalaco: Climatología principal – Chalaco.

Agua entubada: sistema de conducción de agua que no cuenta con planta de tratamiento.

Sistema de Electrificación Fotovoltaica: permiten transformar la energía solar en energía eléctrica por medio de paneles solares fotovoltaicos.

Lixiviación: es el lavado de una sustancia, es decir que el suelo pierde sus compuestos nutritivos, arrastrados por el agua.

Condiciones hidroclimáticas: está relacionado con el tiempo y el clima (precipitaciones, etc).

Oferta hídrica: la disponibilidad de agua que el ciclo hidrológico provee en un período y lugar dados.

Demanda hídrica: Es la cuantificación de la demanda que se integran las actividades que requieren del recurso hídrico, mostrándose su comportamiento y distribución en el tiempo para planificar su uso sostenible.

Balance hídrico: Es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.

Rocas sedimentarias: son las piedras sólidas y de mucha dureza, se trata de sólidos compuestos por uno o más minerales.

Rocas metamórficas: es una piedra dura, de gran solidez, que está compuesta por uno o varios minerales. Metamórfico, por su parte, es aquello que fue sometido a un proceso de metamorfismo.

A.S.T.M.: American Society for Testing and Materiales.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS: METODOLOGÍA, MODELOS TEÓRICOS Y EMPÍRICOS

3.1. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología que se utilizó es del tipo descriptivo, explicativo y predictivo, fundamentado en las mediciones directas de campo y utilizando el equipo apropiado, con la finalidad de reunir y examinar toda la información disponible para los fines de este proyecto.

El proyecto tendrá dos fases básicas:

A) Fase de Campo.-

En primer lugar se efectuó la recopilación de información sobre la infraestructura hidráulica, aspectos socio-económicos, culturales y ambientales; existentes en estudios e investigaciones anteriores.

Luego se procedió a realizar el levantamiento topográfico para el reconocimiento de la infraestructura hidráulica con estación total, desde la toma de captación del recurso hídrico hasta el último tramo de los canales de riego. Además se identificaron los puntos donde se proyectaran las obras de arte, también se determinó la ubicación y recojo de las muestras de suelo (calicatas) y agua para sus respectivos análisis en los laboratorios de la Universidad Nacional de Píura.

Posteriormente se interactuó con la población a través de talleres informativos y formativos con participación de los comités de usuarios de los canales de Mossa y la población en general.

▪ Equipos y Materiales de Campo

-Estación Total: con este equipo se pudo realizar el trazo definitivo de los canales y ubicar los puntos para el diseño de las obras de arte.

-GPS (Sistema de Posicionamiento Global): con este instrumento se pudo georeferenciar la ubicación de los canales del caserío.

-Laptop, cañón multimedia: con este equipo se proyectó los talleres participativos y formativos de carácter técnico para los comités de usuarios.

-Cámara fotográfica, Wincha, cronometro, libreta de notas.

-Formatos de recopilación de información (fichas para canales, etc.)

-Materiales: papelotes, plumones, lapiceros, hojas dina A-04, cinta masking, fólder manilas, etc.

B) Fase de Gabinete.-

En esta fase se realizó la clasificación y proceso de la información obtenida en la etapa de campo, además de cálculos hidráulicos de los canales existentes y su proyección al mejoramiento de los mismos, para optimizar el recurso hídrico. Para ello se utilizó software como Autocad, GPS-Garmin, H-canales, Fao-Cropwat 8.0, Excel, etc.

3.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

▪ Parámetros climatológicos

Para el cálculo de la precipitación media, se utilizó la ec. (2.1). del Cap. II, empleando las estaciones meteorológicas CO-Morropón y CP- Chalaco, dadas por SENAMHI-PIURA. (Ver anexo N°8.1).

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots\dots(2.1)$$

Como ejemplo utilizaremos datos del mes de Enero del 2004-2010 de ambas estaciones meteorológicas, con el método de la interpolación con las altitudes: CO-Morropón = 141 msnm, CP-Chalaco = 2295 msnm, Caserío de Mossa = 1664 msnm.

Cuadro N°3.1. Ejemplo de PP. en mm

AÑO	CO-Morropón	CP-Chalaco	Caserío de Mossa
	ENE.	ENE.	ENE.
2004	67.5	143.3	121.1
2005	2.0	92.4	65.9
2006	15.9	143.6	106.2
2007	39.2	146.4	115.0
2008	56.8	257.3	198.6
2009	213.0	395.6	342.1
2010	23.9	100.8	78.3
2011	5.2	176.2	126.1
2012	38.7	275.4	206.1
2013	22.6	141.5	106.7
MAX.	213.0	395.6	342.1
MED.	48.5	187.3	146.6
MIN.	2.0	92.4	65.9

- Cálculo de la PP por método de interpolación:

$$PP_{Mossa} = 143.30 - \left(\frac{2295 - 1664}{2295 - 141} \right) * (143.3 - 67.5)$$

$$PP_{Mossa} = 121.1 \text{ mm.}$$

- Cálculo de la P_{media} : del 2004 al 2013.

$$P_m = \left(\frac{121.1 + 65.9 + \dots + 106.7}{10} \right) = 146.60 \text{ mm.}$$

$$P_m = 146.60 \text{ mm.}$$

Para los cálculos de la PP del área de estudio de febrero a diciembre, los resultados se presentan en el cap. IV. (ver cuadro N°4.2, 4.3)

Para el cálculo de la temperatura media y humedad relativa, para el área de estudio se utilizó la ec. (2.2) y la ec. (2.3). del Cap. II, con el mismo procedimiento del cuadro anterior (3.1), y empleando las estaciones meteorológicas CO-Morropón y CP-Chalaco, dadas por SENAMHI. (Ver cuadro N°4.7 y 4.8)

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \dots\dots(2.2)$$

$$H_m = \frac{\sum_{i=1}^n H_{Ri}}{n} \dots\dots(2.3)$$

Para el cálculo de la precipitación efectiva, para el área de estudio se utilizó la tabla N°2.1 del Cap. II, empleando como ejemplo los datos del mes de enero del área de estudio (caserío de Mossa) del cuadro N°3.1.

Cuadro N°3.2. Ejm. cálculo de la $P_{efec.}$

AÑO	m	FREC(%)	ENE
2004	1	9.09	342.1
2005	2	18.18	206.1
2006	3	27.27	198.6
2007	4	36.36	126.1
2008	5	45.45	121.1
2009	6	54.55	115.0
2010	7	63.64	106.7
2011	8	72.73	106.2
2012	9	81.82	78.3
2013	10	90.91	65.9
Prec.tot. mensual al 75%			99.21
Precip.efectiva (mm), según WPS-USA			79.24
PP DEACUERDO A CROPWAT			93.30

Procedimiento:

- 1.- Ordenar los datos de mayor a menor de los últimos 10 años (2004-2013).
- 2.- m = es la cantidad de valores.
- 3.- La frecuencia se calcula mediante la siguiente relación: N° de orden / $1+m$
- 4.- La precipitación efectiva se calculó al 75%, por lo tanto se realiza una interpolación en el N° de orden 8° y 9°, obteniendo 99.21 mm.
- 5.- Posteriormente utilizando la tabla 2.1, se obtiene la P. efect.

$$P_{efect.}(99.21) = 5 \times 0 + 25 \times 0.95 + 25 \times 0.90 + 25 \times 0.82 + (99.21 - 80) \times 0.65$$

$$P_{efect.}(99.21) = 79.24 \text{ mm}$$

- 6.- Además se utilizó el software FAO- CROPWAT obteniendo la $P_{efect.} = 93.30 \text{ mm}$.
- 7.- Los resultados de la $P_{efect.}$ se presentan en el cap. IV, cuadro N°4.4.

3.3. RIEGO

Para el cálculo de la evapotranspiración, se utilizó como ejemplo los datos del mes de enero del área de estudio (caserío de Mossa) del cuadro N°3.1. Además se utilizó las siguientes formulas:

$$ET_p = [MF * TMF * CH * CE] \dots\dots\dots(2.4) \quad CE = 1 + \frac{0.04 * E}{2000} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$CH = 0.1666 * (100 - HR)^{0.5} \dots\dots\dots(2.5)$$

Cuadro N°3.3. Ejm. cálculo de la Evapotranspiración

FACTORES METEOROLÓGICOS				ENE.
1	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)			17.51
	TMF → °F = 9/5 * °C + 32 =			63.52
	FACTOR DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POT. (MF) en mm/mes			
2	Latitud Sur	5°	→	2.416
	Latitud Sur	6°	→	2.447
	Latitud Sur del lugar interpolado	5.09	→	2.419
3	NUMERO DE DIAS DEL MES (DM)			31
4	HUMEDAD RELATIVA (HR)			88.24
5	FACT.CORR.H° R° CH=0.166*(100-HR) ^{0.5}			0.57
6	FACTOR DE ALTURA CE=1+ 0.04*h/2000			1.033
7	ETP CORREGIDO ETP = MF*TMF*CH*CE (mm/mes)			72.30

Procedimiento:

- 1.- Se realizó la transformación de la T° media mensual del área de estudio en °C a grados °F., mediante la relación: °F = 9°C/5 + 32
- 2.- Se interpola el factor de evapotranspiración con el valor encontrado del área de estudio: 5.09
- 3.- DM: Número de días al mes (enero)
- 4.- HR: humedad relativa del área de estudio
- 5.- CH: factor de corrección. Ec. (2.5)
- 6.- C.E: factor de altura. Ec. (2.6)
- 7.- ETP = evapotranspiración. Ec. (2.4)

El resto de resultados se presentan en el capítulo IV, cuadro N°4.9.

- *Para el caso del diseño agronómico de la investigación*, se presentan los resultados en el cap. IV, en los cuadros N°4.10, 4.11, 4.12.
- *En el análisis de la oferta y balance hídrico con proyecto y sin proyecto* del área de estudio se presentan los resultados en el cap. IV, en los cuadros N°4.15, 4.16, 4.17.

3.4. DISEÑOS HIDRÁULICOS

3.4.1. Canal

➤ Cálculo de los tirantes en cada tramo

De la fórmula de Manning, despejamos la Ec.(2.9), obteniendo:

$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = A * R^{\frac{2}{3}} \quad ..(01)$$

Del cuadro N°2.3, se sabe que: $A = b * y$ (02)

$$P = b + 2y \text{ (03)}$$

Reemplazando las ecuaciones (03) y (02) en (01):

$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \quad \text{..... (04)}$$

De la Ec. (04), se obtiene la siguiente función:

$$f(y) = \frac{(0.3y)^{5/3}}{(0.3 + 2y)^{2/3}}$$

De la función f(y), se realiza el siguiente cuadro N°3.4

Cuadro N°3.4. Cálculo de los valores de los tirantes de cada tramo

$f(y_1) = 0.0037$		$f(y_2) = 0.0024$		$f(y_3) = 0.0032$		$f(y_4) = 0.0017$		$f(y_5) = 0.0031$		$f(y_6) = 0.0025$	
Iterando tenemos:											
1er Tramo		2do Tramo		3er Tramo		4to Tramo		5to Tramo		6to Tramo	
Y	$f(y_1)$	Y	$f(y_2)$	Y	$f(y_3)$	Y	$f(y_4)$	Y	$f(y_5)$	Y	$f(y_6)$
0.07	0.0028	0.05	0.0017	0.06	0.0022	0.04	0.0012	0.055	0.0019	0.04	0.0012
0.075	0.0031	0.055	0.0019	0.065	0.0025	0.045	0.0014	0.06	0.0022	0.05	0.0017
0.08	0.0034	0.0600	0.0022	0.07	0.0028	0.05	0.0017	0.0650	0.0025	0.06	0.0022
0.0855	0.0037	0.0632	0.0024	0.0777	0.0032	0.0507	0.0017	0.0752	0.0031	0.0654	0.0025
0.09	0.0000	0.067	0.0026	0.08	0.0034	0.052	0.0018	0.078	0.0032	0.07	0.0028
0.092	0.0041	0.07	0.0036	0.085	0.0037	0.055	0.0019	0.08	0.0034	0.075	0.0031
Redondeando el tirante											
$y_n = 0.086$		$y_n = 0.063$		$y_n = 0.078$		$y_n = 0.051$		$y_n = 0.075$		$y_n = 0.065$	

Los resultados de cada tramo del canal están el cap. IV, cuadro N°4.21.

3.5. DISEÑOS HIDRÁULICOS DE OBRAS DE ARTE

3.5.1. Rápida

1.- Para el cálculo del tirante normal:

Si: De la fórmula de Manning (2.9) despejamos:

$$\frac{Q^{*n}}{S^{\frac{1}{2}}} = A^{*} R^{\frac{2}{3}} \dots\dots(1)$$

Del cuadro (3.3):

$$A = b^{*} y \dots\dots(2)$$

$$P = b + 2y \dots\dots(3)$$

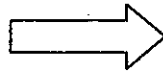
Reemplazando (3) y (2) en (1)

$$\frac{0.0032}{2} = (A)^{5/3} / (P)^{2/3}$$

$$\frac{0.0032}{2} = \frac{(0.3y)^{5/3}}{(0.3 + 2y)^{2/3}}$$

Iterando obtenemos:

y	f(y)
0.055	0.00194
0.06	0.00220
0.065	0.00248
0.07	0.00276
0.0778	0.00322
0.08	0.00335



Redondeando el tirante:
 $y_n = 0.078\text{m}$

2.- Para el cálculo del tirante crítico

De la fórmula de la ecuación (2.20) del flujo crítico, se tiene: $\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c} \dots\dots\dots(4)$

Dónde: $A_c = b \cdot y \dots\dots\dots (5)$

$T_c = b \dots\dots\dots (6)$

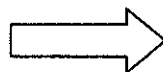
Reemplazando (5) y (6) en (4):

$$\frac{0.0025}{9.81} = \frac{(b \cdot y_c)^3}{b}$$

$$0.000255 = \frac{(0.3 \cdot y_c)^3}{0.3}$$

Iterando obtenemos:

y_c	$f(y_c)$
0.12	0.000156
0.13	0.000198
0.1415	0.000255
0.1441	0.000269
0.1500	0.000304
0.1843	0.000563



Redondeando el tirante:
 $y_c = 0.14\text{m}$

3.- Cálculo del ancho de solera de la rápida

Para las siguientes ecuaciones, tomamos los valores del **cuadro N°4.25**.

- Por tirante crítico, de la Ec. (2.22) se tiene:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}}$$

Reemplazando datos se tiene: $b = 0.299 \approx 0.30\text{m}$

- De la Ec.(2.36):

$$b = 0.765Q^{\frac{2}{5}}$$

$$b = 0.2308 \text{ m}$$

- De la Ec. (2.37):

$$b = \frac{18.78\sqrt{Q}}{10.11 + Q} \rightarrow b = 0.4133\text{m}$$

Para efectos de cálculos posteriores asumimos el valor del ancho de solera de la rápida $b = 0.30\text{m}$.

Nota: De los cálculos se deduce que el ancho de solera de la rápida coincide con el ancho de solera aguas arriba, por tanto no habrá transición en la entrada, sin embargo el diseño de la transición de entrada es la misma para la salida.

4.- Diseño de la transición entre rápida y canal aguas abajo

De la Ec. (2.34):

$$Lt = \frac{Tc - Tr}{2 * \tan\theta}$$

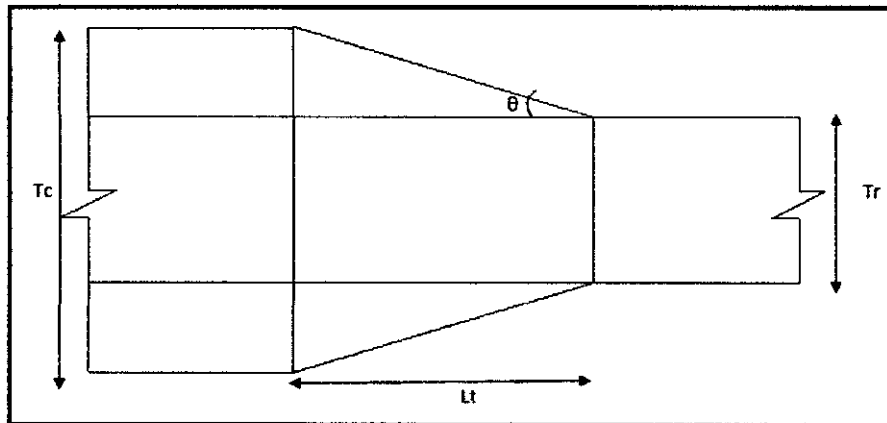
Dónde: Tc = espejo de agua de canal

Tr = espejo de agua de la rápida

θ = ángulo que se forma entre los espejos = 22.5°

L_t = longitud de transición

Fig. N°3.1. Esquema de la transición de entrada



Siendo la sección rectangular del canal y de la rápida, el ancho de solera y el espejo de agua son iguales ($b = t$). Para el ancho de solera aguas abajo asumimos $b = 0.50$ m, para reducir el efecto del resalto hidráulico, calculando se obtiene:

$$L_t = 0.2414\text{m} \rightarrow \text{asumimos } L_t = 1.00\text{m}$$

Nota: de los cálculos del cuadro N°4.23 del cap. IV, se deduce el perfil de la curva de remanso:

Como: $y_c = 0.14 > y_n = 0.078$, se genera una curva S.

En todo momento $y_c = 0.14 > y > y_n = 0.078$, por lo que la curva se encuentra en la zona 3, y el perfil formado es un S_2

3.5.2. Caída

a). Cálculo de los parámetros hidráulicos aguas arriba

- Para el cálculo del tirante normal, despejamos la fórmula de Manning (Ec. 3.7).

$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = A * R^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (1)$$

- Del **cuadro N°3.3**, se tiene que: $A = b*y$ (2) □ $P = b + 2y$ (3)

- Reemplazando (2) y (3) en (1), se tiene:

$$\begin{aligned} 0.00369 &= (A)^{5/3} / (P)^{2/3} \\ 0.00369 &= \frac{(0.3y)^{5/3}}{(0.3 + 2y)^{2/3}} \end{aligned}$$

Iterando:

Y	f(Y)
0.0700	0.002763
0.0750	0.003054
0.0800	0.003351
0.0856	0.003691
0.0900	0.003964
0.0950	0.004278

→ Redondeando yn = 0.86

➤ Comprobando el cálculo del tirante crítico de la Ec.(2.20), $\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c} \dots\dots\dots (4)$

Si: $A_c = b*y$ (5) □ $T_c = b$ (6)

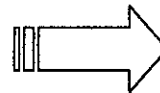
Reemplazando (5) y (6) en (4)

$$\frac{0.00250}{9.81} = \frac{(b \cdot y_c)^3}{b}$$

$$0.000255 = \frac{(0.3 \cdot y_c)^3}{0.3}$$

Iterando:

yc	f(yc)
0.1200	0.000156
0.1300	0.000198
0.1415	0.000255
0.1441	0.000269
0.1500	0.000304
0.1843	0.000563



Redondeando: $y_c = 0.14$ m.

Nota: de acuerdo a los cálculos, el flujo aguas arriba es supercrítico, y al pasar al tramo 02 existe un desnivel de 1m, para lo cual las condiciones del flujo deben ser subcríticas, para el control de la misma.

3.5.3. Puente canal o acueducto

a). Cálculo de los parámetros hidráulicos aguas arriba por método algebraico:

- Para el cálculo del tirante normal, despejamos la fórmula de Manning (Ec. 3.7).

$$\frac{Q \cdot n}{S^{\frac{1}{2}}} = A \cdot R^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (1)$$

Del cuadro N°3.3, se tiene que: $A = b \cdot y \dots\dots (2)$ $P = b + 2y \dots\dots (3)$

Reemplazando (2) y (3) en (1), se tiene:

$$0.00244 = \frac{(A)^{5/3}}{(P)^{2/3}}$$

$$0.00244 = \frac{(0.3y)^{5/3}}{(0.3 + 2y)^{2/3}}$$

Iterando tenemos:

y_n	$f(y)$
0.1900	0.01092
0.2000	0.01166
0.0642	0.00244
0.2100	0.01242
0.2150	0.01280

➤ Comprobando el cálculo del tirante crítico de la Ec. $\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c} \dots\dots\dots (4)$

Si: $A_c = b \cdot y \dots\dots\dots (5)$ $T_c = b \dots\dots\dots (6)$

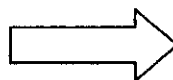
Reemplazando (5) y (6) en (4)

$$\frac{0.00250}{9.81} = \frac{(b \cdot y_c)^3}{b}$$

$$0.000255 = \frac{(0.3 \cdot y_c)^3}{0.3}$$

Iterando tenemos:

y_c	$f(y_c)$
0.1350	0.000221
0.1400	0.000247
0.1441	0.000269
0.1415	0.000255
0.1441	0.000269
0.1500	0.000304



Redondeando: $y_c = 0.14$ m.

b). Para el cálculo del y_n y y_c , en los tramos: 0+215.00 – 0+220.00, 0+220.00 – 0+235.00 y 0+235.00 – 0+277.968, se realiza con el mismo procedimiento del apartado a), obteniendo los cuadros N°4.33, 4.34, 4.35.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CÁLCULO DE LOS FACTORES DE RIEGO

4.1.1. Precipitación

Para el cálculo de este parámetro de la zona de estudio, se ha recopilado información real de las estaciones meteorológicas de CO-Morropón y CP-Chalaco proporcionado por SENAMHI-Piura. (Ver anexo 8.1).

Se realizó el método de interpolación entre estas dos estaciones para calcular la precipitación en la zona de estudio (caserío de Mossa) entre los años 2004 - 2013.

Cuadro N° 4.1.- Relación geográfica de la zona de estudio

ZONA	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (msnm)	DEPART.	PROVINCIA	DISTRITO
CP CHALACO	79°47'29.9"	05°02'19.2"	2,295	PIURA	MORROPÓN	CHALACO
CASERIO DE MOSSA	79°51'330"	5° 05'287"	1,664	PIURA	MORROPÓN	STA CAT DE MOSSA
CO MORROPÓN	79°58'16"	05°11'41"	141.0	PIURA	MORROPÓN	MORROPÓN

Cuadro N°4.2.- Valores de la precipitación (mm), para la zona de estudio.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	174.7	229.6	354.3	122.1	16.1	3.3	4.5	0.0	4.2	14.4	54.9	46.8
2002	41.3	252.0	397.8	6.6	25.3	2.5	9.1	0.0	0.0	2.6	42.8	87.9
2003	82.1	158.6	105.4	81.7	20.6	12.5	0.4	0.0	2.5	5.2	20.8	52.9
2004	121.1	126.0	106.3	166.1	3.7	2.5	6.2	0.0	13.0	28.6	9.4	74.2
2005	65.9	147.1	270.2	44.0	20.4	5.6	0.0	0.0	1.1	17.4	10.8	69.7
2006	106.2	315.3	339.7	106.0	19.3	14.6	0.9	0.0	1.4	2.5	96.3	92.2
2007	115.0	84.9	233.8	331.2	18.7	0.9	7.0	0.0	0.0	28.9	55.0	26.2
2008	198.6	487.9	410.8	182.6	38.0	12.7	0.5	6.2	2.3	41.9	53.1	35.3
2009	342.1	307.6	27.5	65.4	53.9	2.2	1.1	4.8	13.7	9.7	47.1	63.7
2010	78.3	278.2	31.0	144.5	25.6	8.2	0.0	2.8	0.8	22.4	29.7	62.9
2011	126.1	140.9	110.3	223.8	31.2	16.6	21.8	0.0	8.3	29.8	39.3	79.0
2012	206.1	555.3	298.0	202.1	27.2	4.0	0.0	0.0	0.0	21.7	94.6	19.1
2013	106.7	163.8	165.9	38.3	42.8	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0

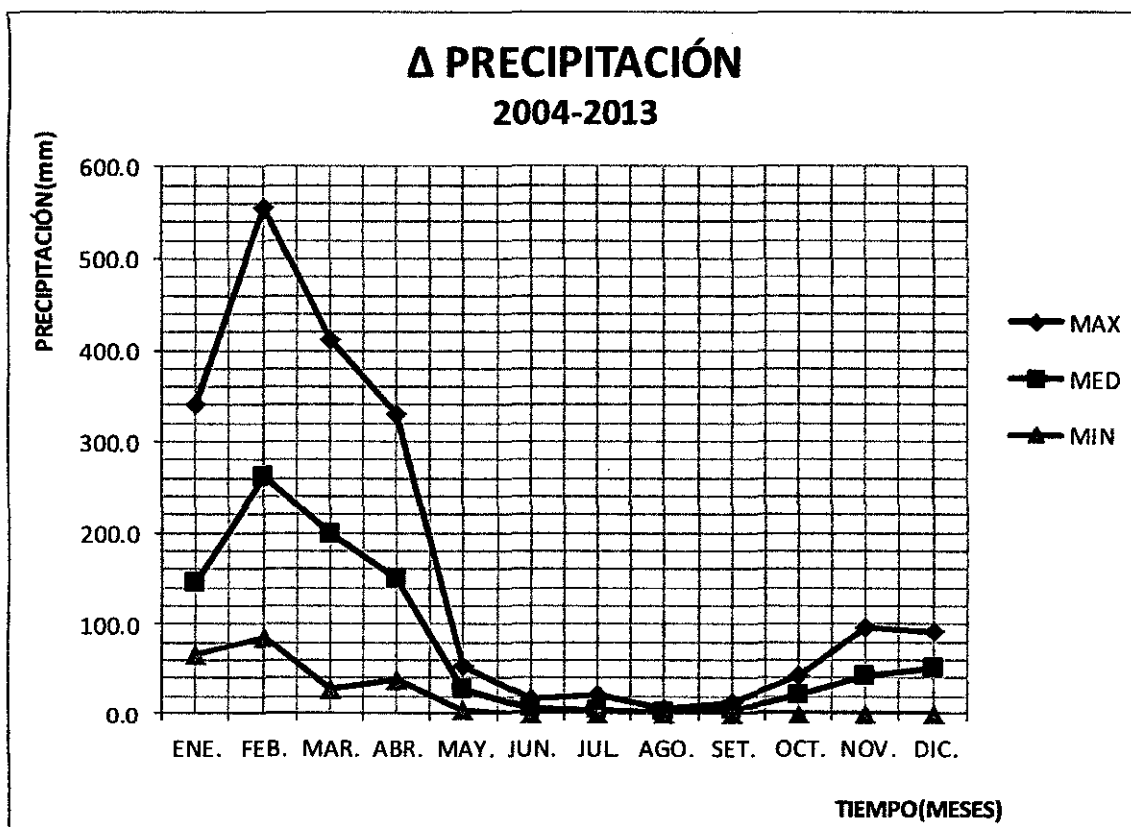
Cuadro: Elaboración propia con datos de la estaciones meteorológicas CO-Morropón y CP-Chalaco dados por SENAMHI-Piura.

Cuadro N°4.3. Valores promedios mensuales de la precipitación (mm) entre 2004-2013

2004-2013	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
MAX	342.1	555.3	410.8	331.2	53.9	16.6	21.8	6.2	13.7	41.9	96.3	92.2
MED	146.6	260.7	199.3	150.4	28.1	6.7	3.7	1.7	4.0	20.3	43.5	52.2
MIN	65.9	84.9	27.5	38.3	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cuadro: Elaboración propia con datos de la estaciones meteorológicas CO-Morropón y CP-Chalaco dados por SENAMHI-Piura.

Gráfica N°4.1. Curvas de variación de la Precipitación de la zona de estudio



De la gráfica N°4.1. se puede observar las curvas de precipitación de la zona de estudio (Mossa), que indican el comportamiento del periodo pluvial de enero a diciembre.

4.1.1.1. Precipitación efectiva

Se considera la precipitación al 75% de ocurrencia, con su respectiva distribución de frecuencias además se empleó la tabla 3.1., de distribución de la precipitación efectiva, cuyo cálculo se muestra en el cuadro N° 4.4., en el periodo 2004 – 2013.

Cuadro N°4.4. Valores calculados de la precipitación efectiva al 75% y de acuerdo a WPS- USA

AÑOS	m	FREC(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2004 - 2013	1	9.09	342.1	555.3	410.8	331.2	53.9	16.6	21.8	6.2	13.7	41.9	96.3	92.2
	2	18.18	206.1	487.9	339.7	223.8	42.8	14.6	7.0	4.8	13.0	29.8	94.6	79.0
	3	27.27	198.6	315.3	298.0	202.1	38.0	12.7	6.2	3.2	8.3	28.6	55.0	74.2
	4	36.36	126.1	307.6	270.2	182.6	31.2	8.2	1.1	2.8	2.3	28.6	53.1	69.7
	5	45.45	121.1	278.2	233.8	166.1	27.2	5.6	0.9	0	1.4	22.4	47.1	63.7
	6	54.55	115.0	163.8	165.9	144.5	25.6	4.0	0.5	0	1.1	21.7	39.3	62.9
	7	63.64	106.7	147.1	110.3	106.0	20.4	2.5	0.0	0	0.8	17.4	29.7	35.3
	8	72.73	106.2	140.9	106.3	65.4	19.3	2.2	0.0	0	0.0	9.7	10.8	26.2
	9	81.82	78.3	126.0	31.0	44.0	18.7	0.9	0.0	0	0.0	2.5	9.4	19.1
	10	90.91	65.9	84.9	27.5	38.3	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Prec. tot. mensual al 75%			99.21	137.15	87.47	60.05	19.19	1.86	0.00	0.00	0.00	7.88	10.46	24.39
Precip. efectiva (mm), según WPS-USA			79.24	96.04	71.60	50.39	13.48	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74	5.19	18.42
PP de acuerdo a Cropwat			93.30	184.60	135.40	96.30	6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	16.10	21.30

Cuadro: Elaboración propia con datos de la estaciones meteorológicas CO-Morropón y CP-Chalaco dados por SENAMHI-Piura.

Luego se procedió al cálculo de la precipitación efectiva a través del software FAO-CROPWAT 8.0 y se hizo una comparación con los valores calculados por el método WPS-USA.

Cuadro N°4.5. Valores de la P_{efec} calculados con el software FAO-CROPWAT 8.0

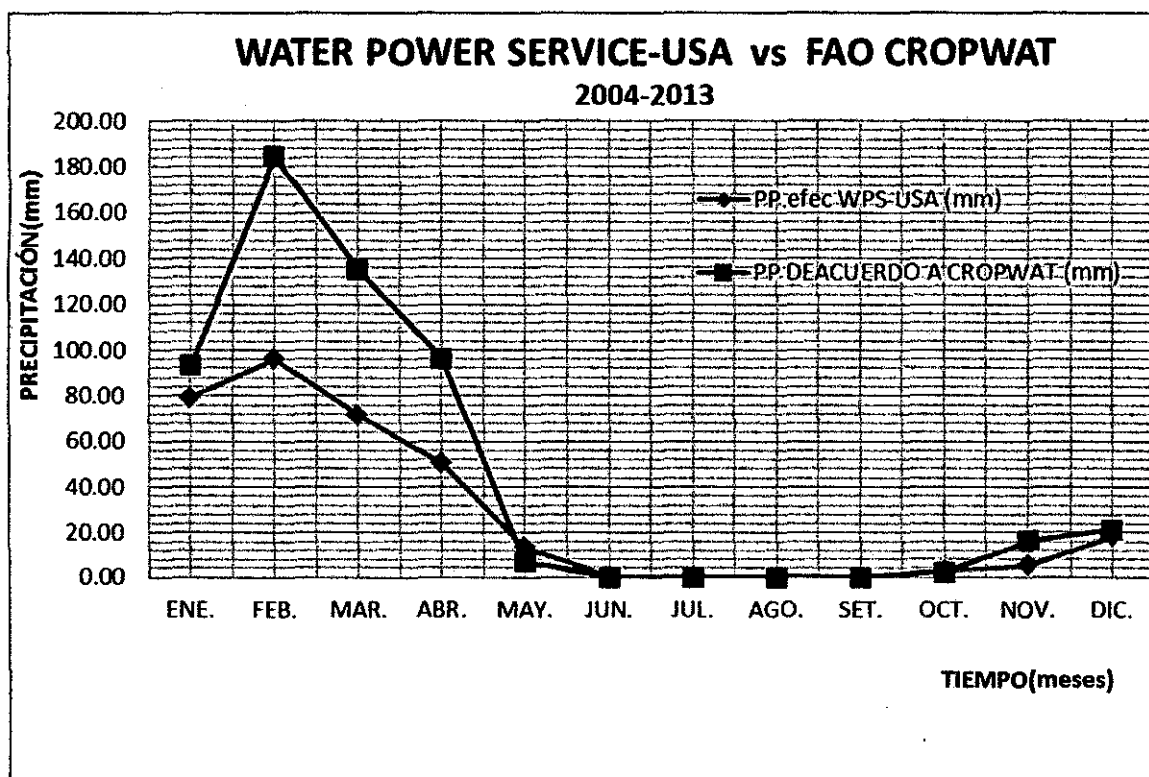
Precipitación mensual - untitled		
Estación	CASERIO DE MOSSA	
Método Prec. Ef	Fórmula FAO/AGLW	
	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	146.6	93.3
Febrero	260.7	184.6
Marzo	199.3	135.4
Abril	150.4	96.3
Mayo	28.1	6.9
Junio	6.7	0.0
Julio	3.7	0.0
Agosto	1.7	0.0
Septiembre	4.0	0.0
Octubre	20.3	2.2
Noviembre	43.5	16.1
Diciembre	52.2	21.3
Total	917.2	556.1

Cuadro N°4.6. Valores de Precipitación efectiva entre WPS-USA y FAO CROPWAT

2004-2013	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
P.efec. WPS-USA (mm)	79.24	96.04	71.60	50.39	13.48	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74	5.19	18.42
P.efec. deacuerdo a CROPWAT (mm)	93.30	184.60	135.40	96.30	6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	16.10	21.30

A continuación se presenta la siguiente grafica para observar el comportamiento de la precipitación entre estos métodos.

Grafica N°4.2. Curvas de la Precipitación efectiva



De la gráfica N°4.2, se hace una comparación de ambos métodos, sin embargo para los cálculos en adelante, se utiliza el método de PP. Efectiva WPS-USA, que se ajusta mejor a la zona de estudio.

4.1.2. Temperatura

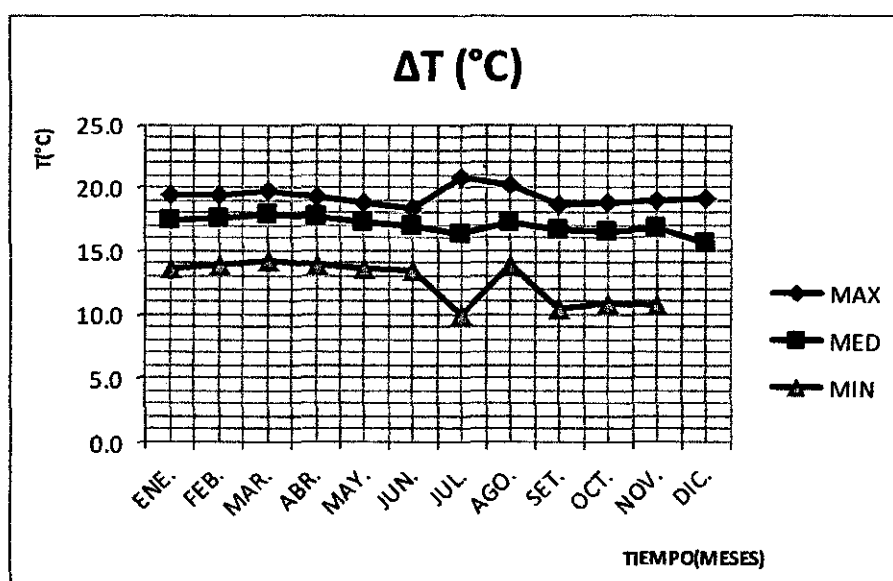
Para efecto de los siguientes cálculos se ha empleado el valor la temperatura media anual de la zona de estudio a través de la interpolación de la T°max. y T°min. A continuación se presenta el cuadro de valores calculados.

Cuadro N°4.7. Valores de la temperatura promedio de la zona de estudio

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2004	18.7	19.1	19.8	19.0	18.9	17.4	17.4	17.6	18.4	18.9	18.9	18.9
2005	18.9	18.6	18.8	19.3	18.3	18.3	17.6	18.1	18.2	18.3	18.0	18.4
2006	19.0	18.8	19.2	18.6	17.1	17.6	17.8	18.2	18.7	17.6	19.0	19.1
2007	19.4	19.5	19.4	19.0	18.6	17.6	17.2	17.5	17.6	17.6	17.6	17.3
2008	13.6	13.9	14.3	14.0	13.6	13.4	13.8	14.0	14.6	14.4	14.3	14.5
2009	13.8	14.3	14.5	14.7	14.6	14.2	14.1	14.6	15.1	15.2	15.3	14.8
2010	18.5	17.7	18.9	18.8	18.6	18.1	20.8	17.9	17.9	18.2	17.9	18.0
2011	17.9	18.0	17.9	18.2	18.0	18.0	17.2	20.1	18.1	17.3	18.0	17.8
2012	17.4	17.6	18.1	17.8	17.8	17.7	17.3	17.4	17.9	17.6	18.0	17.9
2013	17.7	18.3	18.3	18.2	17.5	17.4	10.0	17.2	10.4	10.9	10.7	0.0
MAX	19.4	19.5	19.8	19.3	18.9	18.3	20.8	20.1	18.7	18.9	19.0	19.1
MED	17.51	17.58	17.90	17.76	17.29	16.98	16.32	17.27	16.69	16.59	16.77	15.66
MIN	13.6	13.9	14.3	14.0	13.6	13.4	10.0	14.0	10.4	10.9	10.7	-

Cuadro: Elaboración propia con datos de la estaciones meteorológicas CO-Morropón y CP-Chalaco dados por SENAMHI-Piura.

Grafica N°4.3. Curvas de variación de la temperatura de la zona de estudio



4.1.3. Humedad relativa

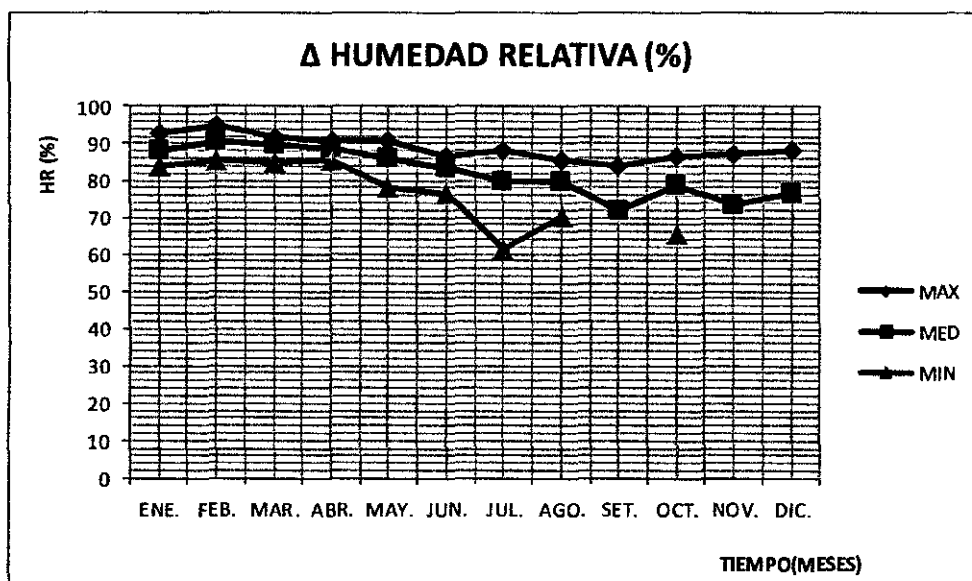
Para el cálculo de la humedad relativa promedio mensual de la zona de estudio se realizó a través de la interpolación de la HR de las estaciones climatológicas. A continuación se presenta el cuadro de valores calculados.

Cuadro N°4.8. Valores de la humedad relativa promedio de la zona de estudio

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2004	83.80	87.21	84.92	86.38	89.71	76.36	80.19	70.41	77.48	79.31	79.48	82.73
2005	83.92	95.07	90.02	85.56	78.36	81.07	70.17	72.41	73.83	76.66	69.29	80.19
2006	85.26	93.31	91.19	88.31	81.48	79.95	79.29	74.12	76.24	70.59	78.36	84.90
2007	90.14	85.26	91.43	88.26	82.61	80.07	80.78	81.07	78.24	81.07	86.14	83.85
2008	92.56	93.61	92.02	91.02	90.78	85.12	83.24	84.24	83.48	85.48	87.31	86.56
2009	93.14	93.14	91.73	89.73	88.02	86.54	87.07	82.24	80.24	80.19	79.48	86.80
2010	88.50	90.68	90.26	90.26	87.56	86.02	88.02	83.48	82.07	78.66	82.90	85.56
2011	87.63	87.80	87.33	89.80	86.43	86.73	85.19	82.19	83.73	83.43	84.38	88.21
2012	89.21	90.97	88.97	89.26	88.56	86.02	84.31	85.43	83.85	86.56	86.09	85.50
2013	88.21	92.19	88.97	86.38	89.26	85.73	61.51	80.61	0.00	65.76	0.00	0.00
MAX	93.14	95.07	92.02	91.02	90.78	86.73	88.02	85.43	83.85	86.56	87.31	88.21
MED	88.24	90.92	89.68	88.50	86.28	83.36	79.98	79.62	71.92	78.77	73.35	76.43
MIN	83.80	85.26	84.92	85.56	78.36	76.36	61.51	70.41	0.00	65.76	0.00	0.00

Cuadro: Elaboración propia con datos de la estaciones meteorológicas CO-Morropón y CP-Chalaco dados por SENAMHI-Piura.

Grafica N°4.4. Curvas de variación de la humedad relativa de la zona de estudio



4.1.4. Cálculo de la evapotranspiración

Para el cálculo de la evapotranspiración los datos han sido calculados teniendo en cuenta los promedios de la temperatura media mensual y la humedad relativa de los últimos 10 años, registrados en las estaciones climatológicas de Morropón y Chalaco, a través del método de Hargreaves que es el más se adecua a la zona de estudio, haciendo uso de factores de corrección para la zona de estudio.

Cuadro N°4.9. Cálculo de la evapotranspiración por el método de Hargreaves

FACTORES METEOROLÓGICOS		ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)	17.51	17.58	17.90	17.76	17.29	16.98	16.32	17.27	16.69	16.59	16.77	15.66
	TMF $\rightarrow ^\circ F = 9/5 * ^\circ C + 32 =$	63.52	63.64	64.2	63.97	63.12	62.56	61.4	63.1	62.04	61.86	62.19	60.19
FACTOR DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POT. (MF) en mm/mes													
2	Latitud Sur 5 °	2.416	2.189	2.363	2.134	2.020	1.854	1.960	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
	Latitud Sur 6 °	2.447	2.205	2.363	2.117	1.980	1.820	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
	Latitud Sur del lugar interpolado 5.09°	2.419	2.190	2.363	2.132	2.016	1.851	1.961	2.124	2.233	2.412	2.347	2.410
3	NUMERO DE DIAS DEL MES (DM)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
4	HUMEDAD RELATIVA (HR)	88.24	90.92	89.68	88.50	86.28	83.36	79.98	79.62	71.92	78.77	73.35	76.43
5	FACT.CORR.H° R° CH=0.166*(100-HR) ^{0.5}	0.57	0.50	0.53	0.56	0.61	0.68	0.74	0.75	0.88	0.76	0.86	0.81
6	FACTOR DE ALTURA CE=1+0.04*h/2000	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033
7	ETP CORREGIDO ETP = MF*TMF*CH*CE (mm/mes)	72.30	57.64	66.89	63.48	64.69	64.82	73.91	83.00	100.75	94.34	103.40	96.64

Nota: se ha considerado el factor de corrección de ETP = 0.8

4.1.5. Diseño Agronómico

4.1.5.1. Cédula de cultivo

A través de talleres técnicos con los comités de usuarios de los canales del caserío de Mossa y herramientas como GPs., se pudo estimar el hectareaaje sin proyecto y con proyecto.

En el cuadro N°4.10., muestra la situación optimizada de la investigación y con la puesta en funcionamiento de las nuevas obras, se pretende irrigar 230 has., la cual está compuesta por los siguientes cultivos: pastos, caña de azúcar, café, frejol, plátano y arveja, que se desarrollan mejor por su adaptabilidad a la zona.

Cuadro N°4.10. Cédula de cultivo sin proyecto y con proyecto

NOMBRE DEL CANAL	CULTIVO	CEDULA DE CULTIVO SIN PROYECTO				CEDULA DE CULTIVO CON PROYECTO			
		AREA		TOTAL		AREA		TOTAL	
		Has.	(%)	Has.	%	Has.	(%)	Has.	%
La Aravisca	pastos	25	83.33	30	100	20	57.14	35	100.00
	caña de azúcar	5	16.67			5	14.29		
	café	-	-			10	28.57		
El Puente	pastos	25	55.56	45	100	20	40.00	50	100
	caña de azúcar	15	33.33			15	30.00		
	plátano	5	11.11			10	10.00		
	café	-	-			5	20.00		
Los García	café	10	31.25	32	100	28	50.90	55	100
	caña de azúcar	10	31.25			10	18.18		
	pastos	12	37.50			12	21.82		
	plátano	-	-			5	9.10		
El Granadillo-Nogal	pastos	10	50.00	20	100	10	38.46	26	100
	frejol	5	25.00			6	23.08		
	caña de azúcar	5	25.00			5	19.23		
	café	-	-			5	19.23		
El Trapiche	caña de azúcar	10	50.00	20	100	10	38.46	26	100
	pastos	7	35.00			7	26.92		
	frejol	3	15.00			4	15.38		
	café	-	-			5	19.23		
La Laja	pastos	15	75.00	20	100	10	60.00	25	100
	arveja	5	25.00			10	20.00		
	café	-	-			5	20.00		
El Limo	pastos	5	62.50	8	100	5	38.46	13	100
	caña de azúcar	3	37.50			3	23.08		
	café	-	-			5	38.46		
		SIN PROYECTO		175	100	CON PROYECTO		230	100

Del cuadro N°4.10, se muestra las áreas de cultivo sin proyecto con 175 ha, debido a la baja tecnología de la infraestructura, malas prácticas de riego etc, en cambio se verifica que las áreas con proyecto se incrementan en 55 ha, siendo un total de 230 ha. A continuación en el cuadro N°4.11 y 4.12., se presenta la cedula de cultivo del canal la Aravisca en las dos situaciones, como modelo para los cálculos posteriores.

Cuadro N°4.11.- Cédula y calendario de cultivo del canal la Aravisca sin proyecto

		SECTOR DE RIEGO	:	CASERIO DE MOSSA-CANAL LA ARAVISCA												
		ÁREA BASE	:	30.00 has												
		CAMPAÑA PRINCIPAL	:	Enero - Mayo												
		CAMPAÑA SECUNDARIA	:	Junio-Diciembre												
		CAPACIDAD DE USO	:	1												
CULTIVO			MESES DEL AÑO												CAMPAÑAS (Ha)	
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	1°	2°
Pastos	Área (Has.)	25.00	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25.00	25.00
	Kc		0.89	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.60	0.70	0.75	0.75	0.80	0.81		
Caña de azúcar	Área (Has.)	5.00	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	5.00
	Kc		1.00	1.00	1.07	1.02	0.83	0.79	0.75	0.75	0.78	0.78	0.86	0.91		
TOTAL	Área (Has.)	30.00	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30.00	30.00
	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
	Kc ponderado: $(\sum A * Kc) / \sum A$		0.91	1.00	0.93	0.84	0.72	0.63	0.63	0.71	0.76	0.76	0.81	0.83		

Cuadro N°4.12.- Cédula y calendario de cultivo del canal la Aravisca con proyecto

			SECTOR DE RIEGO	:	CASERIO DE MOSSA-CANAL LA ARAVISCA											
			AREA BASE	:	35.00 has.											
			CAMPAÑA PRINCIPAL	:	Enero - Mayo											
			CAMPAÑA SECUNDARIA	:	Junio - Diciembre											
			CAPACIDAD DE USO	:	1											
CULTIVO			MESES DEL AÑO												CAMPAÑAS (Ha)	
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	1º	2º
Pastos	Área (Has.)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25.00	25.00
	Kc		0.89	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.60	0.70	0.75	0.75	0.80	0.81		
Caña de azúcar	Área (Has.)	5.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	5.00
	Kc		1.00	1.00	1.07	1.02	0.83	0.79	0.75	0.75	0.78	0.78	0.86	0.91		
Café	Área (Has.)	5.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	5.00
	Kc		0.67	0.79	0.71	0.68	0.55	0.52	0.50	0.50	0.52	0.52	0.57	0.61		
TOTAL	Área (Has)	35.00	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35.00	35.00
	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
Kc ponderado: $(\sum A \cdot Kc) / \sum A$			0.87	0.97	0.90	0.81	0.70	0.62	0.61	0.68	0.72	0.72	0.78	0.80		

4.2. OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA

4.2.1. Análisis de la Demanda Hídrica

4.2.1.1. Sin proyecto

A continuación se muestra en el cuadro N°4.13., la demanda de agua agrícola anual totalizada con los parámetros utilizados.

Cuadro N°4.13. Cálculo de la demanda de agua sin proyecto

DESCRIPCIÓN	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1.- DISTRIBUCIÓN Y ÁREA DE LOS CULTIVOS												
CULTIVOS BASE												
Pastos	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Caña de azúcar	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
TOTAL	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Área de cultivos base (1ª campaña)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00							
Área de cultivos en rotación (2ª campaña)						30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
2.- AREA TOTAL CULTIVADO POR MES (Has)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
3.- Kc x Desarr. Cult.												
Pastos	0.89	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.60	0.70	0.75	0.75	0.80	0.81
Caña de azúcar	1.00	1.00	1.07	1.02	0.83	0.79	0.75	0.75	0.78	0.78	0.86	0.91
COEFICIENTE Kc PONDERADO: $\sum(A \cdot Kc) / \sum A$	0.91	1.00	0.93	0.84	0.72	0.63	0.63	0.71	0.76	0.76	0.81	0.83
4.- ETP (mm/mes)	72.30	57.64	66.89	63.48	64.69	64.82	73.91	83.00	100.75	94.34	103.40	96.64
5.- Ev. Real o uso consuntivo en mm/mes (ETR ó U.C = Kc*ETP)	65.67	57.64	62.10	53.11	46.69	40.94	46.69	58.79	76.07	71.23	83.76	79.89
Ev. Real o uso consuntivo en mm/día (ETR ó U.C = Kc*ETP)	2.12	2.06	2.00	1.77	1.51	1.36	1.51	1.90	2.54	2.30	2.79	2.58
6.- PRECIPITACIÓN EFECTIVA (PE) mm/mes												
Precipitación al 75% de ocurrencia en mm	79.24	96.04	71.60	50.39	13.48	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74	5.19	18.42
7.- Demanda neta (Dn = ETR - Pe) mm/mes	-	-	-	2.72	33.21	40.94	46.69	58.79	76.07	68.49	78.57	61.47
Demanda neta (Dn) mm/día	-	-	-	0.09	1.07	1.36	1.51	1.90	2.54	2.21	2.62	1.98
Eficiencia de riego	-	-	-	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
8.- Demanda bruta (Db = Dn/Ef)												
Demanda bruta (Db) mm/día	-	-	-	0.43	5.10	6.50	7.17	9.03	12.07	10.52	12.47	9.44
Demanda bruta (Db) m3/ha/día	-	-	-	4.31	51.01	64.99	71.72	90.31	120.74	105.20	124.71	94.42
Demanda bruta (Db) m3/ha/mes	-	-	-	129.45	1,581.2	1,949.7	2,223.2	2,799.69	3,622.19	3,261.23	3,741.26	2,927.04
9.-Modulo de riego $Mr = Q/Ha = [Db_{(mm/día)} * 10000/86400] (l/s/ha)$	-	-	-	0.05	0.59	0.75	0.83	1.05	1.40	1.22	1.44	1.09
10.- Caudal requerido (Q = Mr x Ha) = (lt/s)	-	-	-	1.50	17.71	22.57	24.90	31.36	41.92	36.53	43.30	32.78
11.- VOLUMEN DEMANDADO (m³/mes)				3,883.4	47,437	58,492	66,697	83,990.7	108,665	97,836.9	112,237	87,811.1
12.- TOTAL VOLUMEN DE AGUA DEMANDA (MMC)							0.667					

4.2.1.2. Con proyecto

Para estimar la demanda de agua para riego con proyecto se ha considerado el mejoramiento y construcción de la nueva infraestructura de riego, lo que permitirá analizar una mejor eficiencia de riego (Ver cuadro N°2.2), definir una nueva cedula de cultivo (ver cuadro N°4.12). Siendo el canal la Aravisca el modelo para los cálculos posteriores.

Cuadro N°4.14. Cálculo de la demanda de agua con proyecto

DESCRIPCIÓN	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1.- Distribución y área de los cultivos												
Cultivos base												
pastos	25.00	71.4										
caña de azúcar	5.00	14.3										
café	5.00	14.3										
TOTAL	35.00	100.00										
Área de cultivos base (1ª campaña)	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00							
Área de cultivos en rotación (2ª campaña)						35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
2.- AREA TOTAL CULTIVADO POR MES (Has)	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
3.- Kc x Des. cult												
pastos	12											
caña de azúcar	12											
café	12											
COEFICIENTE Kc PONDERADO:	0.87	0.97	0.90	0.81	0.70	0.62	0.61	0.68	0.72	0.72	0.78	0.80
4.- ETP (mm/mes)	72.30	57.64	66.89	63.48	64.69	64.82	73.91	83.00	100.75	94.34	103.40	96.64
5.- Ev. Real o uso consuntivo en mm/mes (ETR ó U.C = Kc*ETP)	63.21	55.91	60.01	51.69	45.10	39.91	44.88	56.32	72.68	68.06	80.21	76.90
Ev. Real o uso consuntivo en mm/día (ETR ó U.C = Kc*ETP)	2.04	2.00	1.94	1.72	1.45	1.33	1.45	1.82	2.42	2.20	2.67	2.48
6.- Precipitación efectiva (PE) mm/mes												
Precipitación al 75% de persistencia en mm	79.24	96.04	71.60	50.39	13.48	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74	5.19	18.42
7.- Demanda neta en mm/mes (Dn = ETR - Pe)				1.30	31.62	39.91	44.88	56.32	72.68	65.32	75.02	58.48
Demanda neta (Dn) mm/día				0.04	1.02	1.33	1.45	1.82	2.42	2.11	2.50	1.89
Eficiencia de riego				0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
8.- DEMANDA BRUTA (Db = Dn/Ef.)												
demanda bruta(Db) mm/día				0.09	2.22	2.89	3.15	3.95	5.27	4.58	5.44	4.10
demanda bruta(Db) m³/ha/día				0.94	22.17	28.92	31.47	39.50	52.67	45.81	54.36	41.01
demanda bruta(Db) m³/ha/mes				28.21	687.38	867.62	976	1,224	1,580	1,420	1,631	1,271
9.- MODULO DE RIEGO												
Mr = Q/Ha = Db _{mm/día} *10000*86400 l/s/ha				0.01	0.26	0.33	0.36	0.46	0.61	0.53	0.63	0.47
10.- Caudal requerido (Q = Mr x Ha) l/s				0.38	8.98	11.72	12.75	16.00	21.34	18.56	22.02	16.61
11.- Volumen demandado (m³/mes)				987.4	24,058	30,366	34,144	42,854.6	55,302	49,699	57,081	44,493
12.- Total volumen de agua demanda (MMC)							0.339					

Del cuadro N°4.13, se hallan los siguientes valores:

Cuadro N°4.15. Cálculo del caudal para el diseño hidráulico

Datos de diseño	
Demanda neta, Lámina neta o déficit de agua (Dn)	2.62 mm/día
Demanda bruta, Lámina bruta o requerimiento de agua (Db)	12.47 mm/día
$Mr = Q/Ha = [Db_{(mm/día)} * 10000/86400]$	1.443 lt/seg/ha
Caudal máx. (Q) = Mr x Area	43.3 lt/seg
Eficiencia de Captación	1.00
Eficiencia de Conducción	1.00
Eficiencia de almacenamiento y distribución	1.00
Eficiencia total	1.00
CAUDAL REQUERIDO EN LA CAPTACIÓN	43.3 L/s

Nota: Para el cálculo de los parámetros hidráulicos posteriores, se redondea el caudal calculado y se asumirá un caudal de **50 lt/s.**, debido a que el agua será controlada con una estructura mejorada para su almacenamiento (reservorio), aguas arriba y posterior distribución.

4.2.2. Análisis de la Oferta y balance Hídrico

4.2.2.1. Oferta hídrica sin proyecto

Del cuadro N°4.16. se tiene que el caudal máximo de 43.3 lt/s y un caudal mínimo en época de estiaje (mes de abril) de 1.5 lt/s, haciendo en total una masa anual de 0.417 MMC, en las condiciones actuales. Este caudal es variable de acuerdo a las condiciones hidroclimáticas que se presentan.

Las condiciones del canal de tierra, hace que las pérdidas por filtración se incrementen y no se aproveche en lo máximo la capacidad del agua que circula por el canal, siendo el periodo crítico entre los meses de abril a diciembre donde el caudal del río empieza a descender considerablemente y se produce déficit de agua.

Cuadro N°4.16. Disponibilidad de agua sin proyecto

DESCRIPCIÓN	UNID	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1. Caudal	lts/seg	-	-	-	1.50	17.71	22.57	24.90	31.36	41.92	36.53	43.30	32.78
	m ³ /hr	-	-	-	5.40	63.76	81.25	89.64	112.90	150.91	131.51	155.88	118.01
2. Tiempo de riego	horas/ha	-	-	-	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
3. Dotación de riego	días	-	-	-	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
4. Número de días al mes	días	-	-	-	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
5. Número de dotación al mes. (4/3)	días	-	-	-	2.50	2.58	2.50	2.58	2.58	2.50	2.58	2.50	2.58
6. Volumen promedio (5 x 2 x 1)	m ³ /ha/mes	-	-	-	81.00	988.22	1,218.78	1,389.42	1,749.89	2,263.68	2,038.37	2,338.20	1,829.12
7. Area	Ha	-	-	-	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
8. Volumen Ofertado (6 x 7)	m ³ /mes	-	-	-	2,430.00	29,646.54	36,563.40	41,682.60	52,496.64	67,910.40	61,151.22	70,146.00	54,873.72
9. Total de Volumen Ofertado	MMC	-	-	-	0.417								

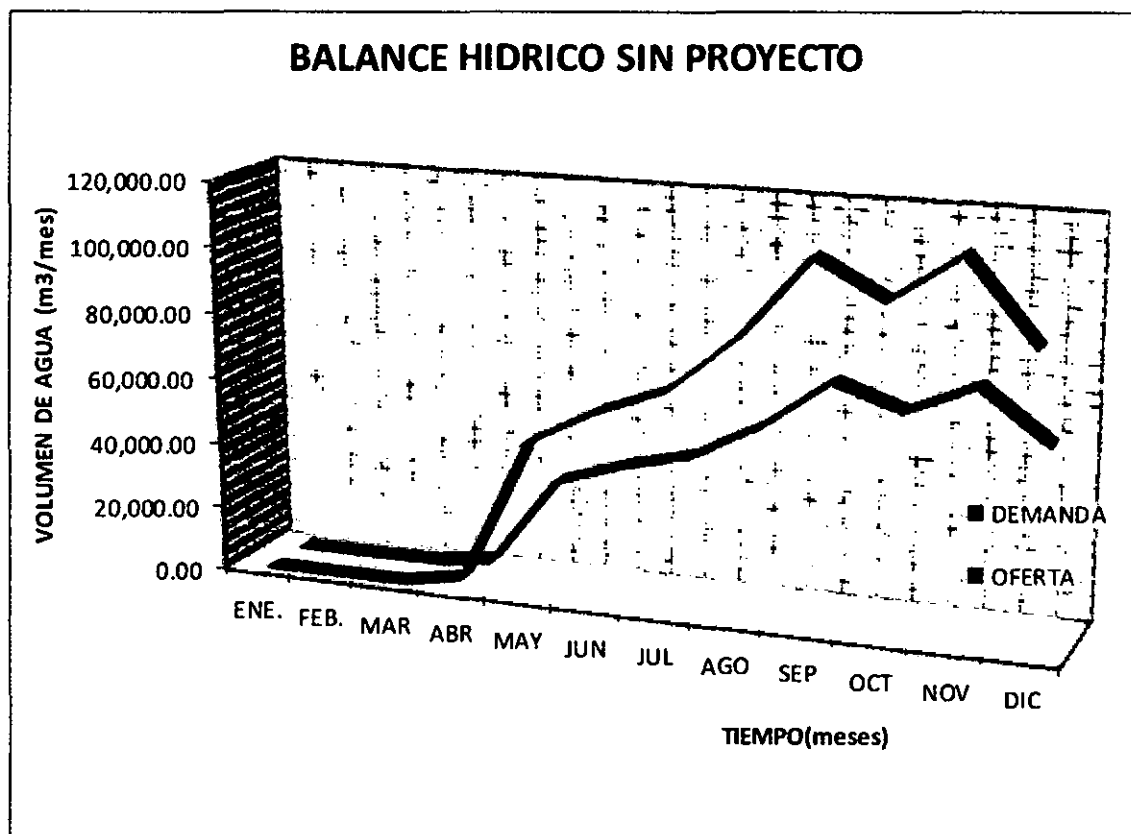
4.2.2.2. Balance hídrico sin proyecto

Del cuadro N°4.17, se observa déficit en caudales mensuales a partir de abril a diciembre del año, es decir se presenta una escases hídrica debido a la falta de infraestructura de riego, por esa razón se deja de sembrar significativas áreas en épocas de estiaje. En el hipotético caso de instalar toda el área la demanda será superior, e imposible de atender. En la época de avenidas (enero, febrero y marzo), se presentan lluvias intensas en la zona, que son aprovechadas por los usuarios para sus cultivos, por tanto no se han considerado para los cálculos posteriores.

Cuadro N°4.17. Balance hídrico sin proyecto

PARAMETRO	UNIDAD	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DEMANDA	(m3/mes)	-	-	-	3,883.42	47,437.20	58,492.40	66,697.82	83,990.70	108,665.70	97,836.90	112,237.80	87,811.11
OFERTA	(m3/mes)	-	-	-	2,430.00	29,646.54	36,563.40	41,682.60	52,496.64	67,910.40	61,151.22	70,146.00	54,873.72
BALANCE	Superávit	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Déficit	-	-	-	-1,453.42	-17,790.66	-21,929.00	-25,015.22	-31,494.06	-40,755.30	-36,685.68	-42,091.80	-32,937.39

Gráfica. N°4.5. Curvas del balance hídrico sin proyecto



Del gráfico N°4.5., el balance hídrico sin proyecto, se observa que la demanda de agua es mayor que la oferta por tanto habrá déficit de agua para los cultivos.

4.2.2.3. Oferta hídrica con proyecto

La dotación de agua de riego se espera que mejore debido a la disminución de pérdidas por filtración del canal y mejor eficiencia de riego, en las condiciones de contar con una adecuada infraestructura.

Las condiciones del canal de revestido, permitirá disminuir las pérdidas por filtraciones, y aprovechar en lo máximo la capacidad del agua que circula por el canal, haciendo una masa anual de 0.636 MMC, en las nuevas condiciones siendo el tiempo de estiaje entre los abril a diciembre.

Cuadro N°4.18. Disponibilidad de agua con proyecto

DESCRIPCIÓN	UNID	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1. caudal	lts/seg	-	-	-	0.38	8.98	11.72	12.75	16.00	21.34	18.56	22.02	16.61
	m3/h	-	-	-	1.37	32.33	42.19	45.90	57.60	76.82	66.82	79.27	59.80
2. Tiempo de riego	horas/ha	-	-	-	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
3. Dotación de riego	días	-	-	-	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
4. Número de días al mes	días	-	-	-	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
5. Numero de dotación al mes (4/3)	días	-	-	-	15.00	15.50	15.00	15.50	15.50	15.00	15.50	15.00	15.50
6. Volumen promedio (5 x 2 x 1)	m3/ha/mes	-	-	-	61.56	1,503.25	1,898.64	2,134.35	2,678.40	3,457.08	3,106.94	3,567.24	2,780.51
7. Area	Ha	-	-	-	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
8. Volumen Ofertado (6 x 7)	m3/mes	-	-	-	2,154.60	52,613.82	66,452.40	74,702.25	93,744.00	120,997.80	108,743.04	124,853.40	97,317.99
9. Total de Volumen Ofertado	MMC	-	-	-	0.742								

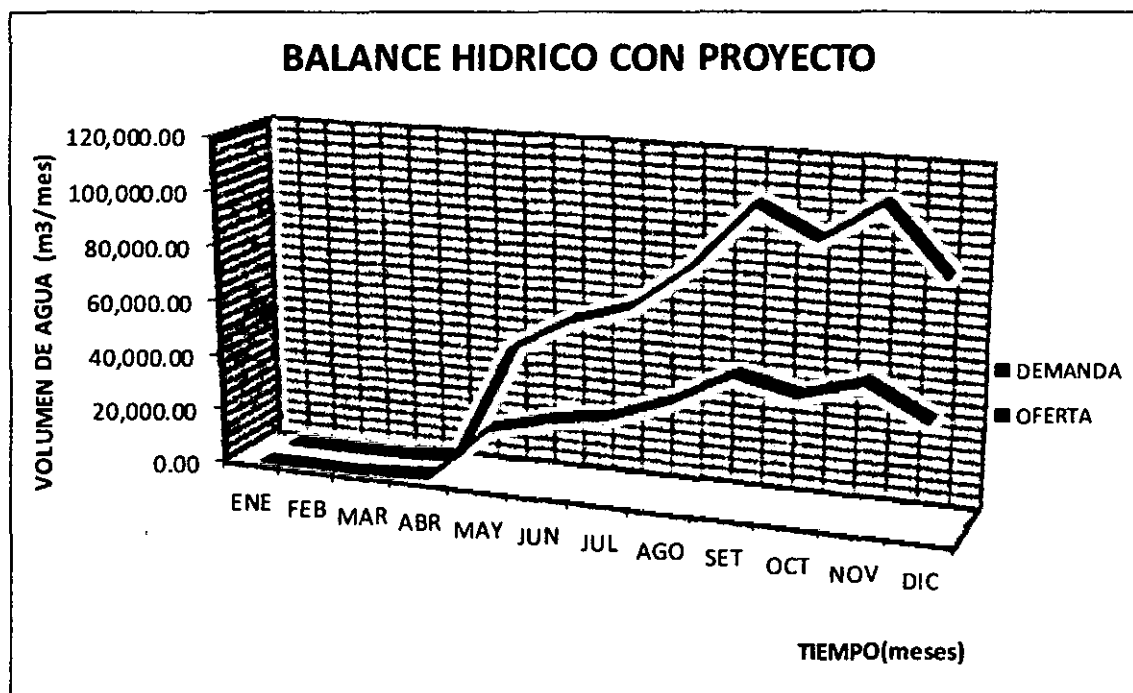
4.2.2.4. Balance hídrico con proyecto

Del cuadro N°4.19, se observa que no tenemos déficit de agua en épocas de estiaje, por tal motivo podemos concluir que el proyecto tiene su demanda asegurada, debido al mejoramiento del sistema de riego.

Cuadro N°4.19 Balance hídrico con proyecto

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
DEMANDA	(m3/mes)	-	-	-	1,772.90	21,658.10	26,703.20	30,127.60	38,343.60	49,608.30	44,664.70	51,239.00	40,087.70
OFERTA	(m3/mes)	-	-	-	1,846.80	45,097.56	56,959.20	64,030.50	80,352.00	103,712.40	93,208.32	107,017.20	83,415.42
BALANCE	Superávit				73.90	23,439.46	30,256.00	33,902.90	42,008.40	54,104.10	48,543.62	55,778.20	43,327.72
	Déficit	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Gráfica. N°4.6. Curvas del balance hídrico con proyecto



Del gráfico N°4.6., del balance hídrico con proyecto, se observa que la oferta de agua es mayor que la demanda, por tanto hay suficiente agua para las actividades agrícolas y ganaderas.

4.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

4.3.1. Infraestructura de riego del caserío de Mossa.

En el cuadro N°4.20. Después del levantamiento topográfico, se presenta el inventario de infraestructura de riego (canales principales), existente en el caserío de Mossa.

Los canales de riego de La Aravisca, Los García, El Puente, El Limo, La Laja, El Granadillo-nogal y El Trapiche del caserío de Mossa, irrigan 30, 32, 45, 8, 20, 20, 20 hectáreas respectivamente, los cultivos más importantes son Pastos, café, caña de

azúcar, maíz, plátanos, frejoles, etc. La organización que dirige el sistema de riego es la Comisión de Regantes es “La Gallega Alta” (Mossa), perteneciente a la Junta de Usuarios del Alto Piura-Chulucanas.

Cuadro N°4.20. Situación actual de los canales de riego del caserío de Mossa

Nombre del canal	Área	N° de Usuarios	LONGITUD DEL CANAL (Km)		OBRAS DE ARTE A PROYECTAR						
	Has.		REV.	Sin revestir	Reservorio	Toma de captación	Caidas	Rápidas	Tomas parcelarias	Acueducto	Pases pcatonales
La Aravisca	30	20	-	0.897	1	1	3	2	31	-	-
Los García	32	45	-	0.933	1	2	1	2	13	1	-
El Puente	45	40	-	1.388	2	1	2	-	9	-	1
El Granadillo – Nogal	20	17	-	0.629	1	1	1	1	9	-	-
El Limo	8	15	-	0.154	1	1	1	-	3	-	2
El Trapiche	20	16	-	0.771	1	1	5	2	10	-	2
La Laja	20	15	-	0.642	1	1	1	3	11	-	5
Total.	175	168			8	8	14	10	86	1	10
Total de infraestructura existente a proyectar	5.414										

Elaboración propia después del levantamiento topográfico.

Luego del levantamiento topográfico de los canales principales de riego se concluye que:

- El canal La Aravisca tiene 20 usuarios y cuenta con 30 has de área productiva.; y su trayectoria es 0.897 Km., de canal principal, desde su apertura no ha sido mejorado con ningún tipo de revestimiento, provocando deficiencias en el riego luego de la inspección que se realizó en la zona a una altitud de 1,840m.s.n.m., por tanto se proyecta mejorar el reservorio rustico destinado al almacenamiento del agua, también de 01 toma de captación de agua, 03 caídas, 02 rápidas, 31 tomas laterales para distribución del agua.
- El Canal El Puente, tiene 40 usuarios y cuenta con 45 has de área productiva, además su trayectoria es de 1.388 km., de recorrido revestido desde el 2011, 303 metros en 4 tramos (estado crítico); restando 953 metros por revestir, sin embargo

necesita un mejoramiento general de toda su longitud, para mejorar la eficiencia del riego. Por lo que se proyecta mejorar los 02 reservorios rústicos de almacenamiento de agua existentes, 01 toma de captación, 02 caídas, 09 tomas laterales y 01 pase peatonal.

- El canal Los García cuenta con 45 usuarios y tiene 32 has de área productiva, su trayectoria es de 0.933 km., teniendo revestido desde el año 2003, 900 metros (en estado crítico), los cuales necesita un mejoramiento urgente por las partes críticas que presenta y que ponen en riesgo vidas humanas y pérdida del recurso hídrico. En tal sentido se proyecta mejorar el reservorio rustico de almacenamiento de agua, además de 02 tomas de captación de agua debido a una fuerte depresión que existe en un tramo por el pase de la quebrada de Mossa, 01 caída, 02 rápidas, 01 acueducto y 13 tomas laterales.
- El canal el limo cuenta con 15 usuarios y tiene 08 has de área productiva, su longitud es 0.154 km., de canal principal, no cuenta con ningún tipo de revestimiento desde su creación por lo que se proyecta mejorar el reservorio rustico existente, además de 01 caída, 03 tomas laterales y 01 pase peatonal.
- En el canal La Laja tiene 15 usuarios con 20 has de área de productiva, y con un longitud de 0.642 km., sin revestir ningún tramo, por eso se proyecta mejorar el reservorio rustico existente y de 01 toma de captación de agua, 01 caída, 03 rápidas y 11 tomas laterales.
- En el canal El Granadillo-Nogal, tiene 17 usuarios y cuenta con 20 has de área productiva., una longitud de 0.629 km., sin revestir por tanto se proyectar mejorar el reservorio rústico existente y de 01 toma de captación de agua, 01 caída, 01 rápida y 09 tomas laterales.
- En el canal El Trapiche tiene 16 usuarios con 20 has de área productiva, teniendo una longitud de 0.771 km sin revestir. En efecto se proyecta mejorar el reservorio rustico existente, además de 01 toma de captación de agua, 05 caídas, 02 rápidas, 10 tomas laterales y 02 pases peatonales.

4.4. INFRAESTRUCTURA DE RIEGO - DISEÑO HIDRÁULICO

- **Criterios de diseño**

Para el diseño hidráulico y estructural del canal, y las obras de arte se ha tomado como base las características geométricas del canal y la topografía, existentes. Para este caso tomaremos como modelo el Canal la Aravisca (rápida y caída) y el canal Los García para el acueducto o puente canal.

4.4.1. Canal

Se plantea el revestimiento de 0.894 Km., desde la progresiva Km. 0+000 al Km. 0+894.966., y de acuerdo al estudio de mecánica de suelos el área de estudio es de material areno-arcillosos y areno limosos que una vez liberado de los materiales contaminantes, formará parte del relleno compactado.

Los cálculos topográficos determinaron que el canal tiene pendientes variables que van desde 4.146 % (0.04146) hasta 30.545 % (0.30545). A partir de estos datos se calcularon las características geométricas e hidráulicas (Cuadro N° 4.22).

El valor del coeficiente de rugosidad (n) empleado es 0.015 para el concreto. El borde libre (BL), se ha diseñado en función de la plantilla del canal, tal como; se presenta en el cuadro N° 2.9 y 2.10.

La experiencia en el diseño y construcción en obras hidráulicas en el valle de Piura, nos recomienda que para caudales menores a 3.0 m³/seg., para el revestimiento se considerará un espesor de 10 cm., por las fuertes pendientes del terreno, ya que éste podría arrastrar piedras u otros objetos que dañarían fácilmente el revestimiento. En el siguiente cuadro se presentan las características hidráulicas del canal la Aravisca para los diversos tramos, calculados con el método algebraico, además se hizo una comparación con los cálculos del software H-canales V 3.0.

Cuadro N°4.21. Cálculos de los parámetros hidráulicos-Canal La Aravisca

TRAMO		DATOS INGRESADOS								MÉTODO ALGEBRAICO								POR SOFTWARE								TIPO DE FLUJO
		LONG.	S	Z	Q	n	b	BL	H	Y	A	T	P	R	V	E	Nº Fr.	Y	A	T	P	R	V	E	Nº Fr.	
		(m)			m³/s		(m)	(m)	(m)	(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)		(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)		
0+000	0+026.541	26.541	0.04146	0.00	0.05	0.015	0.30	0.10	0.30	0.086	0.026	0.30	0.471	0.054	1.95	0.279	2.13	0.086	0.026	0.30	0.471	0.054	1.95	0.279	2.13	Supercrítico
0+026.541	0+031.288	PROYECCIÓN DE CAÍDA N°01																								
0+031.288	0+142.517	111.23	0.09916	0.00	0.05	0.015	0.30	0.10	0.30	0.063	0.019	0.30	0.426	0.0445	2.63	0.417	3.35	0.063	0.0190	0.30	0.426	0.0445	2.64	0.417	3.35	Supercrítico
0+142.517	0+612.416	469.90	0.05438	0.00	0.05	0.015	0.30	0.10	0.30	0.078	0.023	0.30	0.455	0.0512	2.14	0.312	2.45	0.078	0.023	0.30	0.455	0.0512	2.14	0.312	2.45	Supercrítico
0+612.416	0+652.774	PROYECCIÓN DE RÁPIDA N°01																								
0+652.774	0+687.457	34.683	0.19122	0.00	0.05	0.015	0.30	0.10	0.30	0.051	0.015	0.30	0.401	0.0379	3.29	0.602	4.66	0.051	0.015	0.30	0.401	0.0379	3.29	0.602	4.66	Supercrítico
0+687.457	0+811.919	124.46	0.05989	0.00	0.05	0.015	0.30	0.10	0.30	0.075	0.023	0.30	0.450	0.0501	2.22	0.326	2.58	0.075	0.023	0.30	0.450	0.0501	2.22	0.326	2.58	Supercrítico
0+811.919	0+816.919	PROYECCIÓN DE CAÍDA N°02																								
0+816.919	0+882.276	65.357	0.08985	0.00	0.05	0.015	0.30	0.10	0.30	0.065	0.020	0.30	0.431	0.0455	2.55	0.396	3.18	0.065	0.020	0.30	0.431	0.0455	2.55	0.396	3.18	Supercrítico
0+882.276	0+894.670	PROYECCIÓN DE RÁPIDA N°02																								
0+894.670	0+897.12	PROYECCIÓN DE CAÍDA N°03																								

En el caso del N° de Froude

1.- Flujo subcrítico ($F < 1$): las fuerzas de gravedad son dominantes, y el flujo tiene baja velocidad, siendo tranquilo y lento.

Además tiene mayor tirante que el crítico.

2.- Flujo crítico ($F = 1$): las fuerzas de inercia con las fuerzas de gravedad están en equilibrio.

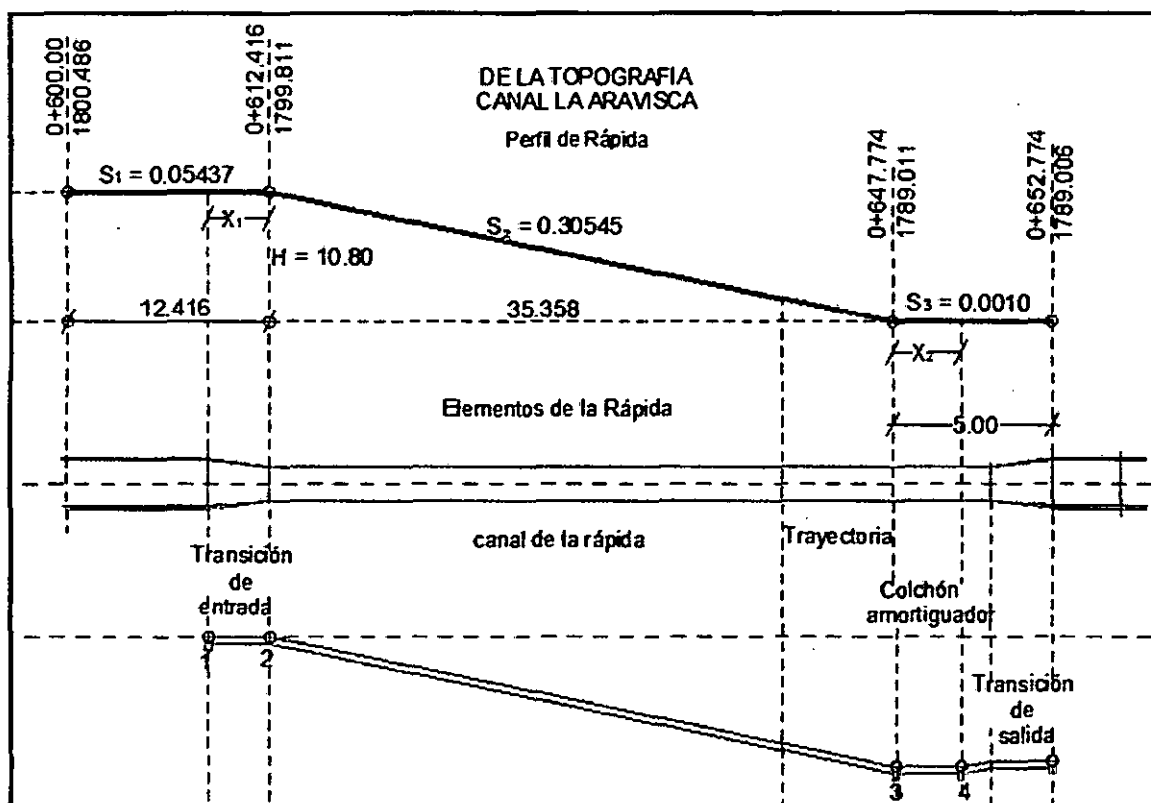
3.- Flujo supercrítico ($F > 1$): las fuerzas de inercia son más pronunciadas, y el flujo obtiene mayor velocidad, siendo rápido y torrencioso. Por lo que su tirante es menor que la del crítico.

4.4.2. Diseño hidráulico de la rápida N°01

Cuadro 4.22. Datos de la topografía

	DATOS						
	LONG.	S	Q	n	b	Z	H
	(m)		(l/s)		(m)		(m)
TRAMO 01	X_1	0.05437	50.00	0.015	0.30	0.00	0.30
TRAMO 02	36.916	0.30545	50.00	0.015	x	0.00	0.30
TRAMO 03	X_2	0.0010	50.00	0.015	0.50	0.00	0.30

Fig. N°4.1. Perfil de la rápida del canal la Aravisca



1.- Análisis del tramo 1-2 (aguas arriba)

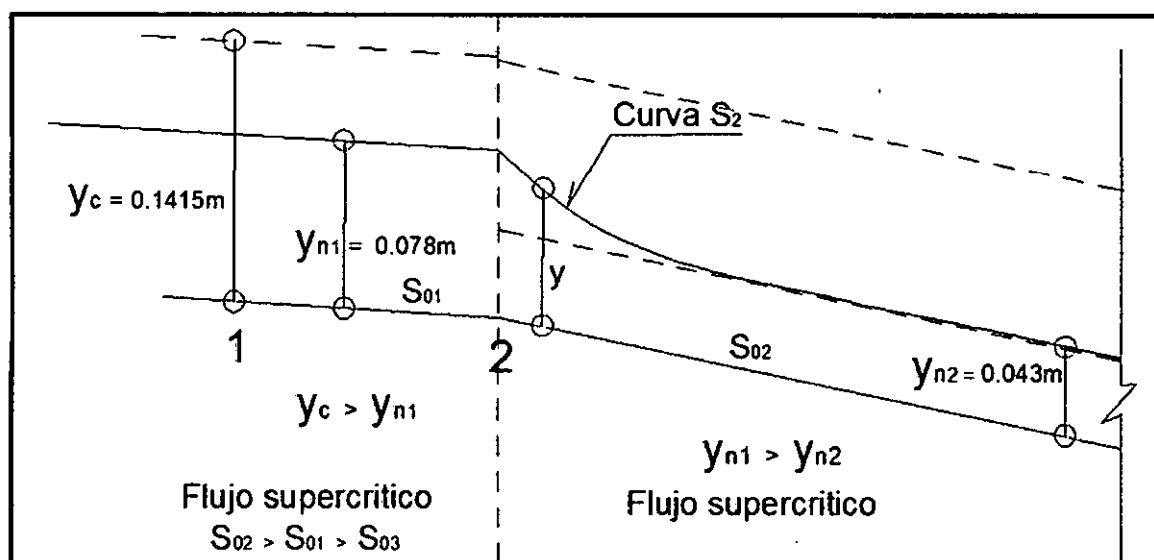
Cuadro N° 4.23. Cálculos de los parámetros hidráulicos de la sección de control (1-2)

TRAMO 01 SECCIÓN DE CONTROL (1-2)	DATOS					PARAMETROS HIDRÁULICOS									
	Z	S	Q	n	b										
			(m³/s)		(m)										
	0.00	0.05437	0.050	0.015	0.30										
POR SOFTWARE						yn	A	P	R	T	V	E	N° Fr.	TIPO DE FLUJO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.078	0.0233	0.456	0.0512	0.30	2.14	0.312	2.5	SUPERCritico	
						yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	N° Fr.		
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)		CRITICO	
						0.14	0.04	0.6	0.07	0.30	1.2	0.212	1		
POR MÉTODO ALGEBRAICO						yn	A	P	R	T	V	E	N° Fr.	SUPERCritico	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.078	0.0233	0.456	0.0512	0.30	2.14	0.312	2.5		
						yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	N° Fr.		
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)		CRITICO	
						0.14	0.04	0.6	0.07	0.30	1.2	0.212	1		

El perfil de la curva de remanso es:

$y_c = 0.14\text{m} > y_n = 0.043\text{m}$, se genera una curva S.

Fig. N°4.2. Comportamiento del flujo de pendiente fuerte a pendiente más fuerte



2.- Análisis del tramo 2-3

Para el cálculo del tirante normal aplicamos el mismo procedimiento del tramo (1-2), y se obtiene el **cuadro N°4.24**.

Cuadro N°4.24. Cálculos de los parámetros hidráulicos del tramo (2-3)

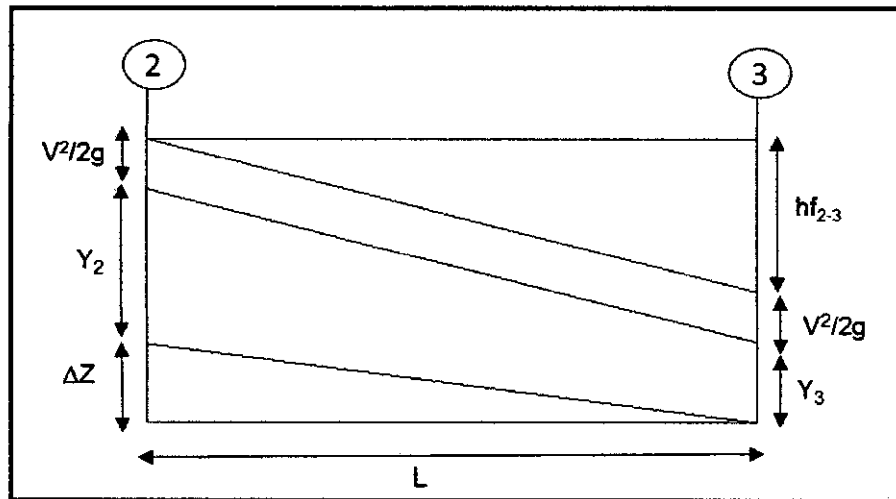
TRAMO 02 SECCIÓN (2 - 3)	DATOS					PARAMETROS HIDRÁULICOS									
	Z	S	Q	n	b										
			(m³/s)		(m)										
	0.00	0.30545	0.050	0.015	0.30										
	POR SOFTWARE					yn	A	P	R	T	V	E	N° Fr.	TIPO DE FLUJO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.043	0.0130	0.387	0.0337	0.30	3.84	0.795	5.89	N° Fr.	SUPERCRTICO
						yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec			
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
	0.14	0.043	0.58	0.0735	0.30	1.16	0.212	1	N° Fr.	CRITICO					
POR MÉTODO ALGEBRAICO					yn	A	P	R			T	V	E	N° Fr.	SUPERCRTICO
					(m)	(m²)	(m)	(m)			(m)	(m/s)	(m)		
					0.043	0.0130	0.387	0.0337	0.30	3.84	0.795	5.89	N° Fr.	CRITICO	
					yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec				
					(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)				
0.14	0.043	0.58	0.0735	0.30	1.16	0.212	1								

Nota: Se observa en los cálculos realizados en el tramo 01, hay flujo supercrítico y pasa al tramo 02 con el mismo tipo flujo con pendiente más fuerte, sin embargo para el cambio de pendiente en el tramo 03, debe presentarse el flujo subcritico.

3.- Cálculo de los tirantes de Escurrimiento en la Rápida

A la longitud horizontal = 35.358 m. se le ha dividido en 10 tramos, cada una de 3.536 m. Luego se aplica el teorema de Bernoulli, mediante el método directo por tramos:

Fig. N°4.3. Grafica de la Ecuación de Bernoulli



a) Si: $S_2 = 0.30545$,

$$\Delta L = L / N^{\circ} \text{tramos} = 35.358 / 10 = 3.536 \text{ m.}$$

$$\Delta Z = S_2 * \Delta L = 0.30545 * 3.536 = 1.080 \text{ m.}$$

b) De la fig. N° 4.3, se obtiene, el valor de la energía es: $E = y + v^2/2g$
de la Ec. (2.38) de Bernoulli debe cumplirse la igualdad:

$$\Delta Z + E_2 = E_3 + hf_{(2-3)}$$

$$\Delta Z + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = y_3 + \frac{V_3^2}{2g} + \left(\frac{V * n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * L \dots\dots\dots (4.1)$$

c) Posteriormente se elabora la siguiente tabla N°4.1., por el teorema de Bernoulli.

NOTA: en la tabla N°4.1., el primer valor de “y” es el “y” de la sección de control $y_c = 0.14\text{m}$ y el y_{final} tiene un valor menor al $y_n = 0.0434\text{m}$ en la rápida, por tanto asumimos $y_f = 0.040\text{m}$, para los cálculos.

Tabla N°4.1. Tabla por el teorema de Bernoulli mediante el método de tramos directos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Y	A	P	R	$R^{(2/3)}$	$V = Q/A$	$V^2/2g$	E	$hf_1 = \hat{S}_E \cdot \Delta L$	$E + hf_1$	$\Delta E = E_2 - E_1$	$S_E = [(v \cdot n)/R^{2/3}]^2$	$\hat{S}_E = (S_{E1} + S_{E2})/2$	$S_0 - \hat{S}_E$	$\Delta X = \Delta E / (S_0 - \hat{S}_E)$	L
0.140	0.042	0.580	0.0724	0.1737	1.190	0.0722	0.2122	0.03736	0.2496	-	0.01056	-	-	-	0
0.130	0.039	0.560	0.0696	0.1693	1.282	0.0838	0.2138	0.04564	0.2594	0.0015	0.01291	0.01174	0.29371	0.005	0.01
0.120	0.036	0.540	0.0667	0.1644	1.389	0.0983	0.2183	0.05677	0.1551	0.0045	0.01606	0.01448	0.29097	0.016	0.02
0.110	0.033	0.520	0.0635	0.1591	1.515	0.1170	0.2270	0.07215	0.2992	0.0087	0.02041	0.01823	0.28722	0.030	0.05
0.100	0.030	0.500	0.0600	0.1533	1.667	0.1416	0.2416	0.09408	0.3357	0.0146	0.02661	0.02351	0.28194	0.052	0.10
0.090	0.027	0.480	0.0563	0.1468	1.852	0.1748	0.2648	0.12659	0.3014	0.0232	0.03580	0.03120	0.27425	0.085	0.19
0.080	0.024	0.460	0.0522	0.1396	2.083	0.2212	0.3012	0.17711	0.4783	0.0364	0.05009	0.04295	0.26250	0.139	0.33
0.070	0.021	0.440	0.0477	0.1316	2.381	0.2889	0.3589	0.26051	0.6194	0.0577	0.07368	0.06188	0.24357	0.237	0.56
0.060	0.018	0.420	0.0429	0.1225	2.778	0.3933	0.4533	0.40929	0.8026	0.0943	0.11576	0.09472	0.21073	0.448	1.01
0.050	0.015	0.400	0.0375	0.1120	3.333	0.5663	0.6163	0.70424	1.3206	0.1630	0.19917	0.15747	0.14798	1.102	2.11
0.040	0.012	0.380	0.0316	0.0999	4.167	0.8849	0.9249	1.38373	2.3086	0.3086	0.39135	0.29526	0.01019	30.282	32.39

Dónde:

y = tirante (m)

E = energía

A = área hidráulica (m²)

hf = pérdida de energía

P = Perímetro húmedo (m)

S₀ = pendiente del fondo del canal

R = Radio hidráulico

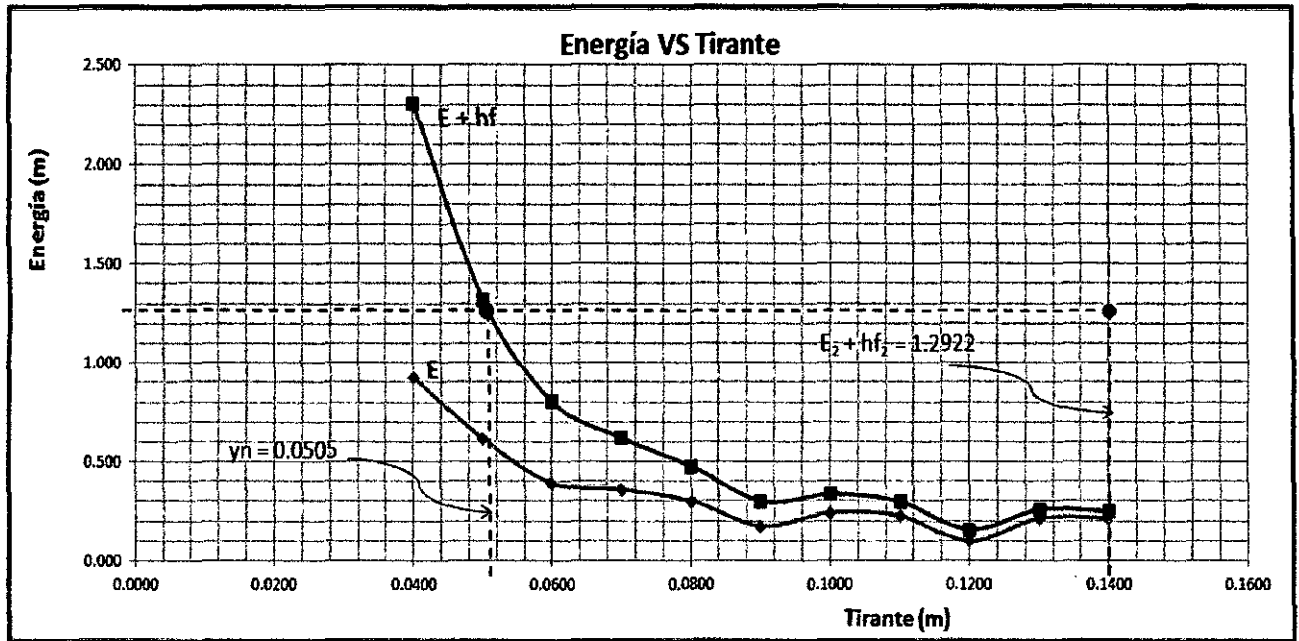
\hat{S}_E = pendiente promedio de la línea de energía

V = velocidad (m/s)

ΔX = distancia del tramo desde una sección de características conocidas, hasta otra en que se produce un tirante y₂.

Luego se tiene la siguiente grafica de la energía en relación con el tirante.

Gráfica N°4.7. Curvas de la Energía vs Tirante



➤ De la gráfica 4.7., obtenemos un nuevo valor de “y”, calculando:

Y	A	P	R	$R^{(2/3)}$	V	$V^2/2g$	E	$hf = [(v*n)/R^{2/3}]^2 * \Delta L$
0.05050	0.0152	0.401	0.0378	0.1126	3.3003	0.5552	0.6057	0.68353

○ Luego comprobando la ley de la conservación de la energía de la ecuación (4.1).

$$\Delta Z + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = y_3 + \frac{V_3^2}{2g} + \left(\frac{V * n}{R^{2/3}} \right)^2 * \Delta L$$

$$1.08 + 0.140 + 0.0707 = 0.05050 + 0.5552 + 0.68353$$

$$1.2922 \approx 1.2892$$

Redondeando: 1.29 m \approx 1.29 m.

4.- Análisis del tramo 3 – 4 (aguas abajo)

Para el cálculo del tirante normal y crítico, empleamos el procedimiento de los tramos anteriores.

Cuadro N°4.25. Cálculos de los parámetros hidráulicos del tramo (3-4)

TRAMO 03 SECCIÓN (3 - 4)	DATOS					PARAMETROS HIDRÁULICOS									
	Z	S	Q	n	b										
			(m³/s)		(m)										
	0.00	0.0010	0.050	0.015	0.50										
TRAMO 03 SECCIÓN (3 - 4)	POR SOFTWARE					yn	A	P	R	T	V	E	N° Fr.	TIPO DE FLUJO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.2038	0.1019	0.9076	0.1123	0.50	0.491	0.2161	0.3470	SUBCRÍTICO	
						yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	N° Fr.		
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
	POR MÉTODO ALGEBRAICO					0.11	0.0561	0.7244	0.0774	0.50	0.891	0.153	1.00	CRÍTICO	
						yn	A	P	R	T	V	E	N° Fr.		
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.2038	0.1019	0.9076	0.1123	0.5000	0.491	0.2161	0.3470	SUBCRÍTICO	
						yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	N° Fr.		
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.11	0.0561	0.7244	0.0774	0.50	0.891	0.153	1.00	CRÍTICO	

Nota: En el tramo 02, existe un flujo supercrítico y al pasar al tramo 03, se produce un

flujo subcrítico originándose el resalto hidráulico.

5.- Cálculo del Resalto Hidráulico (Ver fig. N°2.3)

- De la ec. (2.30): y_1 = El tirante conjugado conociendo el régimen subcrítico.

$$y_1 = \frac{y_2}{2} \left(\sqrt{8F_2^2 + 1} + 1 \right)$$

- De la ec. (2.31): h_j = altura de resalto.
$$\frac{h_j}{E_1} = \frac{\sqrt{1 + 8F_1^2} - 3}{F_1^2 + 2}$$

$$F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g * y_1}}$$

- De la ec. (2.27): $F = N^{\circ}$ de froude.

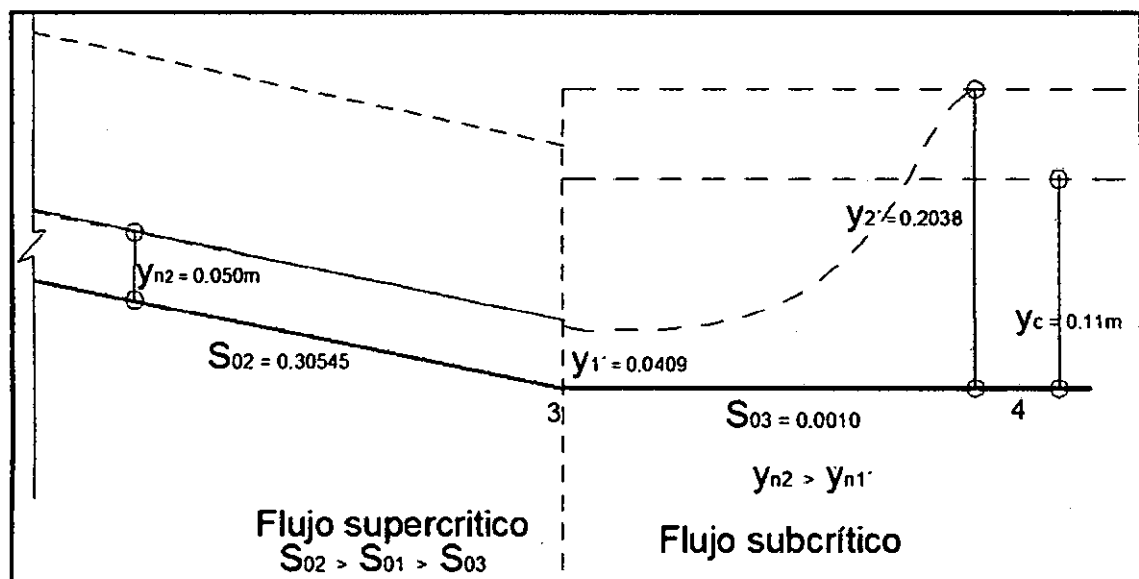
Cuadro N°4.26. Cálculos de los parámetros hidráulicos del resalto hidráulico

Datos del tramo 03			Por Software				
Q	b	$y_n = y_2'$	y_1	h_j	h_{vr}	L	N° Fr. Conjugado
(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
0.0500	0.50	0.2038	0.0409	0.1629	0.1297	0.810	3.8622

Datos del tramo 03			Cálculos de la sección supercrítica					
$y_n = y_2'$	v_2	F	y_1	A_1	V_1	E_1	h_j	F_1
(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
0.2038	0.491	0.3	0.0409	0.0204	2.4460	0.3458	0.1629	3.8622

- Si el tirante conjugado mayor $y_4 = y_n$, el resalto es claro y se inicia justo en el cambio de pendiente

Fig. N°4.4. Comportamiento del flujo de pendiente fuerte a pendiente suave



5.1.- Cálculo de la longitud del resalto (L)

De la tabla N°2.2, se calcula la longitud "L" del resalto

Interpolando:

F_1	L/y_2	$L = F_1 * y_2$
4.00	5.80	1.176
3.8622	X = 5.77	
5.00	6.00	

→ Por tanto asumimos: $L = 2.00$ m.

5.2.- Cálculo de la profundidad (elevación) del tanque amortiguador.

- Cálculo de la curva de elevación(trayectoria de la rápida) – tirante

Para su cálculo se aplica la ecuación de Bernoulli despreciando perdidas.

DATOS DEL TRAMO N°02	
$y_n =$	0.043
Estación=	0+647.774
$A_n=$	0.0130
$V_n=$	3.84
$V^2/2g=$	0.75166
C. fondo=	1,789.011
$E_n=$	0.7951

Por tanto la elevación de la línea de energía en la estación: KM 0 + 647.774

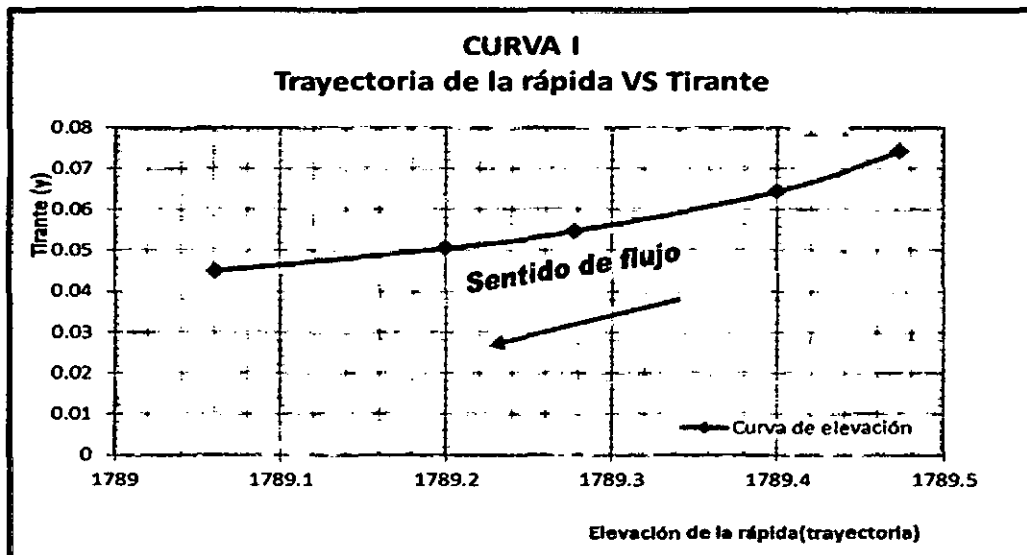
Elevación Gradiente energía = Cota de fondo + Energía específica = 1,789.806

Luego elaboramos la tabla N°4.2., para realizar los cálculos y con los valores obtenidos, poder trazar la curva de elevación (trayectoria de la rápida)-tirante. El primer valor de “y”, es el correspondiente al tirante inicial en la trayectoria, y los restantes valores, menores que este, puesto que en la trayectoria el “y” decrece al aumentar la velocidad.

Tabla N°4.2. Cálculo de valores para la curva de elevación (trayectoria de la rápida) – Tirante

1	2	3	4	5	6
y(m)	A (m ²)	V (m/s)	$V^2/2g$ (m)	$y + V^2/2g$ (m)	Elevación: $1,789.806 - (y + V^2/2g)$
0.0700	0.0210	2.381	0.289	0.3592	1789.4468
0.0604	0.0181	2.759	0.388	0.4489	1789.3572
0.0507	0.0152	3.2873	0.551	0.6020	1789.2040
0.0465	0.0140	3.584	0.655	0.7019	1789.1041
0.0410	0.0123	4.065	0.843	0.8841	1788.9220
0.0355	0.0107	4.695	1.125	1.1601	1788.6460
0.0300	0.0090	5.556	1.575	1.6047	1788.2014

Gráfica N°4.8. De la curva I, elevación de la trayectoria en la rápida vs tirante



De la gráfica N°4.8., la gráfica de la trayectoria de la rápida muestra que, a medida que el flujo desciende, la velocidad incrementa y el tirante decrece, disminuyendo también la elevación.

5.3.- Cálculo de la curva: elevación – tirante conjugado menor

La elevación del gradiente de energía = Elev. + $y_n + v^2/2g$ = cota fondo + E_1

- Para la elaboración de la tabla N°4.3., asumimos los valores del tirante conjugado y_1 , y se calcula y_2 , con la ecuación (2.44).

- Para una sección rectangular:
$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{2q^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{4}}$$

Luego de la Ec. (2.45):
$$E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

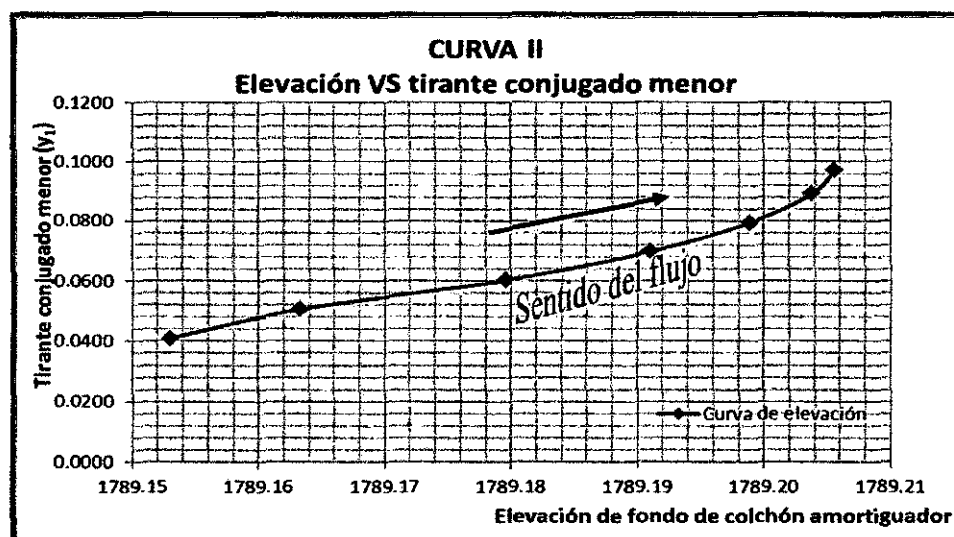
- Para el cálculo del colchón amortiguador de la poza = Elev. Gradiente de energía – E_2 , y los resultados se pueden tabular de la siguiente forma:

Tabla N°4.3. Cálculo de valores para la curva de elevación – Tirante conjugado menor

Y_1	Y_2	A_2	$V_2 = Q/A$	$V_2^2/2g$	$E_2 = Y_2 + V_2^2/2g$	Elevación: $1,789.219 + (y + V^2/2g)$
(m)	(m)	(m ²)	(m/s)	(m)	(m)	
0.0409	0.2038	0.102	0.4907	0.0123	0.2161	1789.1530
0.0505	0.1773	0.089	0.5640	0.0162	0.1935	1789.1633
0.0602	0.1564	0.078	0.6394	0.0209	0.1773	1789.1796
0.0698	0.1396	0.070	0.7166	0.0262	0.1658	1789.1911
0.0794	0.1254	0.063	0.7974	0.0324	0.1578	1789.1990
0.0890	0.1133	0.057	0.8828	0.0398	0.1530	1789.2038
0.0970	0.1044	0.052	0.9579	0.0468	0.1512	1789.2056

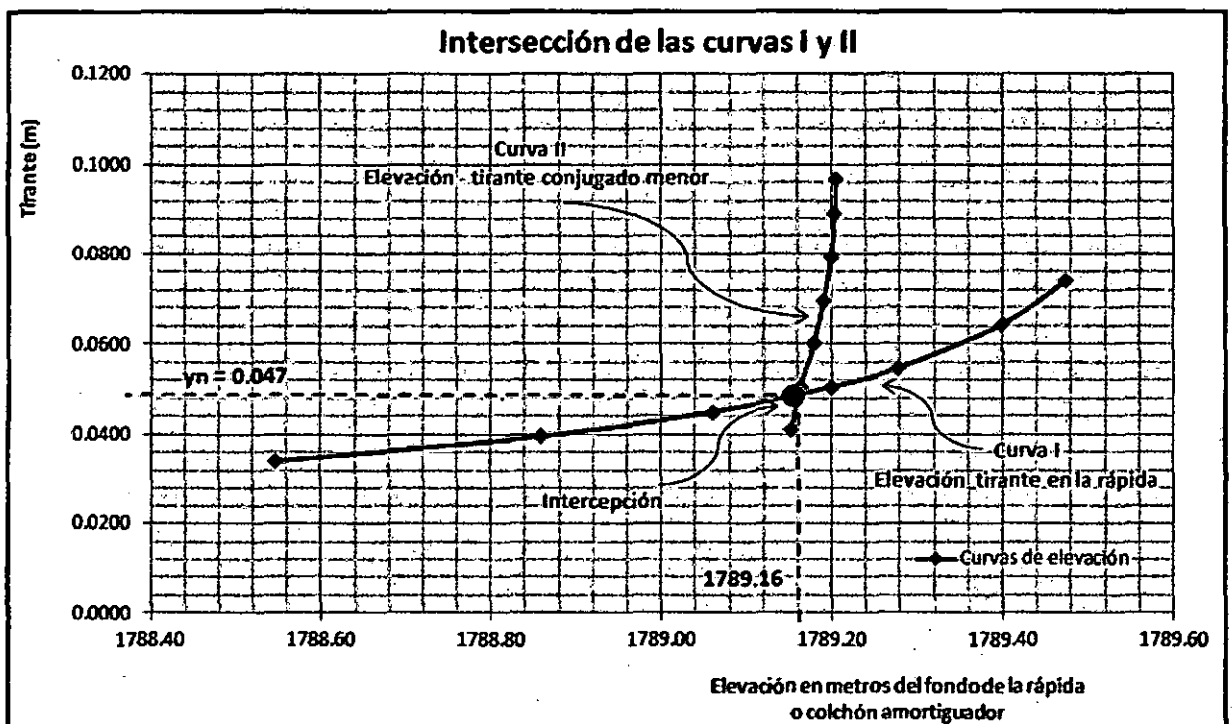
De la gráfica. N°4.9., muestra que por efecto del resalto hidráulico en la zona donde se origina (colchón amortiguador), el tirante conjugado menor incrementa debido a que la velocidad del flujo aumenta, aumentando también la elevación.

Grafica N°4.9. Curva II, elevación del fondo del colchón amortiguador vs tirante conjugado menor trayectoria en la rápida vs tirante



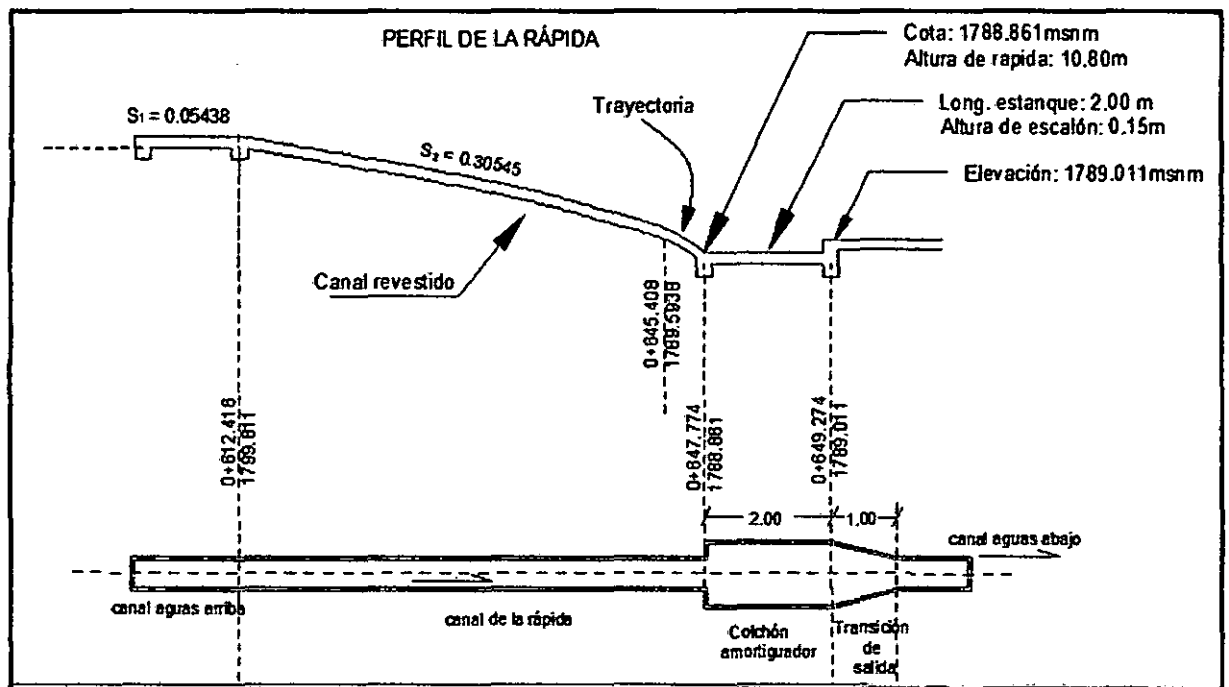
- Luego se procede a graficar las curvas (I) y (II), obteniéndose del punto de intersección:
 - Elevación del tanque amortiguador = 1,789.109
 - Tirante conjugado menor $y_1 = 0.0360$
 - $h = \text{elevación canal} - \text{elevación colchón} = 1,789.16 - 1,789.011 = 0.149 \approx 0.15\text{m}$

Gráfica N°4.10. Intersección de curvas I y II



De la gráfica N°4.10., se deduce que en el momento en que se produce el resalto hidráulico, existen dos fuerzas de energía que se interceptan, la primera que viene de la trayectoria del flujo en la rápida y la otra cuando el tirante conjugado menor del colchón se incrementa.

Fig. N°4.5. Perfil y planta de la rápida con sus medidas



De la fig. N°4.5, se muestra el perfil y planta de la rápida, con las dimensiones calculadas:

- Ancho de solera de la poza de amortiguación $b = 0.50$ m,
- Ancho de solera de la rápida, $b_r = 0.30$ m.
- Long. de poza de amortiguación, $L_p = 2.00$ m.
- Long. de transición de salida, $L_t = 1.0$ m,
- Altura del escalón en el fondo de la poza de amortiguación, $h = 0.15$ m.

NOTA: Para mayor entendimiento del diseño de la rápida. (Ver anexo plano N°18).

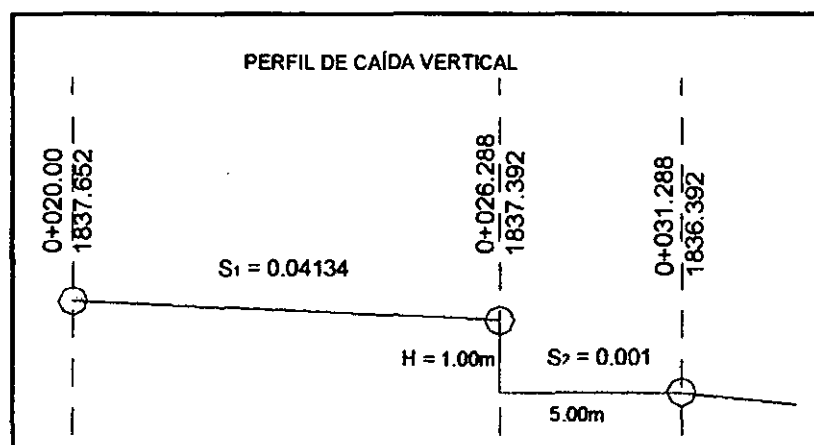
4.4.3. Diseño hidráulico de la caída N°01

a). De la topografía se obtiene los siguientes datos:

Cuadro N°27. Datos para el diseño hidráulico de la Caída

	DATOS						
	LONG.	S	Q	n	b	Z	H (desnivel)
	(m)		(m³/s)		(m)		(m)
TRAMO 01	6.288	0.04134	0.050	0.015	0.30	0.00	1.00
TRAMO 02	5.000	0.00100	0.050	0.015	x	0.00	

Fig. N°4.6. Datos del perfil de la caída



Cuadro N°4.28. Cálculo de los parámetros hidráulicos aguas arriba

DATOS					PARAMETROS HIDRÁULICOS									
Z	S	Q (m³/s)	n	b (m)										
0.00	0.04134	0.050	0.015	0.30										
POR SOFTWARE					yn (m)	A (m²)	P (m)	R (m)	T (m)	V (m/s)	E (m)	Nº Fr.	TIPO DE FLUJO	
					0.0856	0.0257	0.471	0.0545	0.30	1.95	0.279	2.1		
					yc (m)	Ac (m²)	P (m)	R (m)	T (m)	Vc (m/s)	Ec (m)	Nº Fr.	CRITICO	
					0.14	0.043	0.58	0.073	0.30	1.2	0.212	1.0		
POR MÉTODO ALGEBRAICO					yn (m)	A (m²)	P (m)	R (m)	T (m)	V (m/s)	E (m)	Nº Fr.	SUPERCRITICO	
					0.0856	0.0257	0.471	0.0545	0.30	1.95	0.279	2.1		
					yc (m)	Ac (m²)	P (m)	R (m)	T (m)	Vc (m/s)	Ec (m)	Nº Fr.	CRITICO	
					0.14	0.043	0.58	0.073	0.30	1.2	0.212	1.0		

b). Cálculo de la base de la Caída

- Para las siguientes ecuaciones, se utilizara los valores promedios del tirante crítico aguas arriba (cuadro N°4.28).

➤ De la ec. (2.35): $b = \sqrt{\frac{27Q^2}{8E_{\min}^3 g}} \rightarrow b = 0.2998\text{m}$

▪ De la Ec.(2.36): $b = 0.765Q^{\frac{2}{5}}$
 $b = 0.2380\text{m}$

▪ De la Ec. (2.37): $b = \frac{18.78\sqrt{Q}}{10.11+Q} \rightarrow b = 0.4133\text{m}$

»» Para efectos de los cálculos en adelante, se asume la solera en la caída

$b = 0.50\text{m}$

c). Cálculo de los parámetros hidráulicos aguas abajo, se realiza el mismo procedimiento que en el apartado a), aguas arriba.

Cuadro N°4.29. Cálculo de los parámetros hidráulico aguas abajo (tramo 02)

DATOS														
Z	S	Q	n	b	PARAMETROS HIDRÁULICOS									
		(m³/s)		(m)										
0.00	0.001	0.050	0.015	0.50										
POR SOFTWARE					yn	A	P	R	T	V	E	Nº Fr.	TIPO DE FLUJO	
					(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
					0.2038	0.102	0.908	0.112	0.50	0.491	0.216	0.347	SUBCRITICO	
					Yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	Nº Fr.		CRITICO
(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)								
POR MÉTODO ALGEBRAICO					0.11	0.0561	0.724	0.0744	0.50	0.891	0.152	1.00	SUBCRITICO	
					yn	A	P	R	T	V	E	Nº Fr.		
					(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
					0.2038	0.102	0.908	0.112	0.50	0.491	0.216	0.347	CRITICO	
					Yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	Nº Fr.		
(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)								
					0.11	0.0561	0.724	0.0744	0.50	0.891	0.152	1.00		

d). Cálculo del número de caída sin obstáculos (D), Ec. (2.49).

$$D = \left(\frac{y_c}{h} \right)^3 = \frac{q^2}{g * h^3}$$

Dónde:

D = número de caída,

$y_c = 0.14$ (tirante crítico de la sección aguas arriba)

$h = 1.0$ m (desnivel),

q = caudal unitario

$$\ggg D = 0.002744$$

e). De acuerdo a las Ec. (2.50, 2.51, 2.52, 2.53), se calculó los parámetros de la caída vertical.

Cuadro N°4.30. Valores de los parámetros hidráulicos de la caída vertical
(ver fig. N°2.17)

$L_d = 4.30 * h * D^{0.27}$	0.875
$y_1 = 0.54 * h * D^{0.425}$	0.041
$y_2 = 1.66 * h * D^{0.27}$	0.338
$y_p = h * D^{0.22}$	0.273
$P = y_2 / 6$	$0.056 \approx 0.10$

f).- Cálculo de la longitud del resalto, según la Ec. (3.30):

$$L = 5 * (y_2 - y_1) = 1.49 \text{ m.}$$

g).- Cálculo de la longitud total del colchón, según la Ec. (3.52):

$$L_t = L_d + L = 2.36 \text{ m} \approx \text{por tanto asumimos valor de } L_t = 2.50 \text{ m.}$$

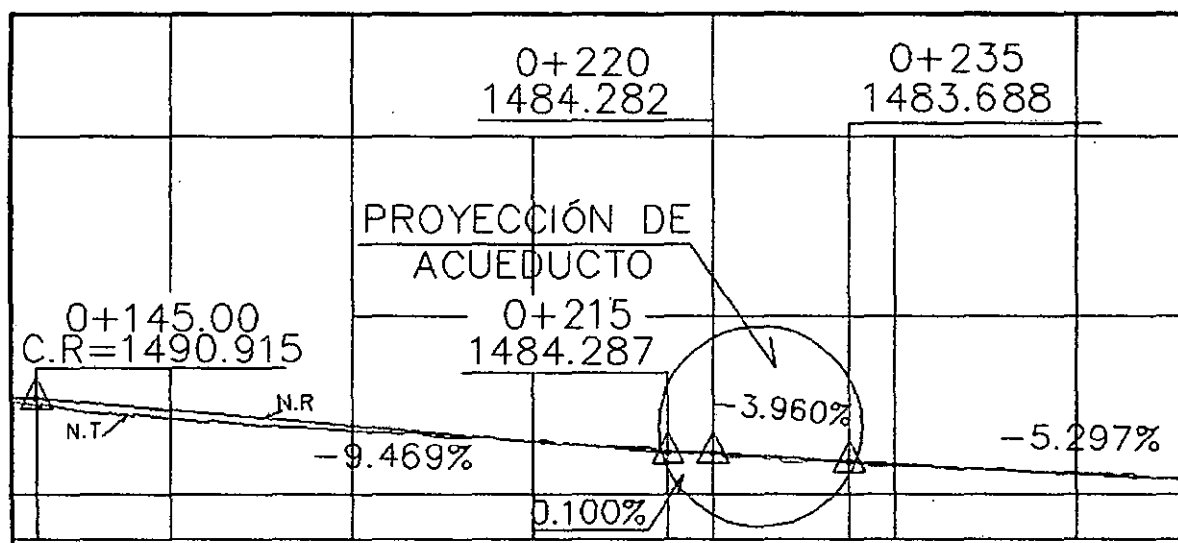
4.4.4. Diseño hidráulico de Acueducto o Puente Canal

Para el presente diseño se ha tomado datos de la topografía del canal Los García (ver anexos plano N°08). Posteriormente se procederá a evaluar los tirantes en los diferentes tramos.

Cuadro N°4.31. Datos de para el diseño

TRAMO	DATOS							
	LONG.	S	Q	n	b	BL	Z	H
	(m)		(m ³ /s)		(m)	(m)		(m)
0+145.00 - 0+215.00	70	0.09469	0.05	0.015	0.30	0.10	0.00	0.30
0+215.00 - 0+220.00	5	0.001	0.05	0.015	0.50	0.10	0.00	0.30
0+220.00 - 0+235.00	15.00	0.0396	0.05	0.015	x	0.10	0.00	0.30
0+235.00 - 0+277.968	5	0.05297	0.05	0.015	0.30	0.10	0.00	0.30

Fig. N°4.7. Datos del perfil del acueducto.



Debido a las condiciones del relieve del terreno se analiza el perfil del canal y se observa que las pendientes oscilan entre 9.469% al 5.297%, por lo tanto el flujo que se manifiesta es supercrítico, por tanto se darán las condiciones necesarias para que el flujo en el tramo 0+215.00 - 0+220.00, sea subcrítico y reducir la velocidad por los efectos de erosión que esta causa.

➤ Análisis del tramo 0+145.00 – 0+215.00

Cuadro N°4.32. Análisis hidráulico del tramo 0+145.00 – 0+215.00

TRAMO:	DATOS					PARAMETROS HIDRÁULICOS									
	Z	S	Q	n	b										
	(m³/s)				(m)										
	0.00	0.09469	0.05	0.015	0.30										
0+145.00 – 0+215.00	POR SOFTWARE					yn	A	P	R	T	V	E	N° Fr.	TIPO DE FLUJO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.0642	0.0193	0.428	0.045	0.30	2.6	0.407	3.27	SUBCRÍTICO	
						yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	N° Fr.	CRÍTICO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.14	0.043	0.58	0.07	0.30	1.20	0.212	1.00		
	POR MÉTODO ALGEBRAICO					yn	A	P	R	T	V	E	N° Fr.	SUBCRÍTICO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.0642	0.0193	0.428	0.045	0.30	2.6	0.407	3.27		
						yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	N° Fr.	CRÍTICO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.14	0.043	0.58	0.07	0.30	1.20	0.212	1.00		

Cuadro N°4.33. Análisis del tramo 0+215.00 – 0+220.00

TRAMO 01 SECCIÓN DE CONTROL (1 - 2)	DATOS					PARAMETROS HIDRÁULICOS									
	Z	S	Q	n	b										
	(m³/s)				(m)										
	0.00	0.0010	0.05	0.015	0.50										
	POR SOFTWARE					yn	A	P	R	T	V	E	N° F.	TIPO DE FLUJO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.2038	0.1019	0.9076	0.1123	0.50	0.491	0.2161	0.3470	SUBCRÍTICO	
						yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	N° F.	CRÍTICO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.10	0.05	0.7	0.07	0.50	0.90	0.15	1.00		
	POR MÉTODO ALGEBRAICO					yn	A	P	R	T	V	E	N° F.	SUBCRÍTICO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.2038	0.1019	0.9076	0.1123	0.50	0.491	0.2161	0.3470		
						yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	N° F.	CRÍTICO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.10	0.05	0.7	0.07	0.50	0.90	0.15	1.00		

Cuadro N°4.34. Análisis del tramo 0+220.00 – 0+235.00 (conducto elevado)

TRAMO 02 SECCIÓN (2 - 3)	DATOS					PARAMETROS HIDRÁULICOS									
	Z	S	Q	n	b										
			(m³/s)		(m)										
	0.00	0.0396	0.0500	0.015	0.30										
	POR SOFTWARE					yn	A	P	R	T	V	E	N° F.	TIPO DE FLUJO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.0869	0.0261	0.4737	0.0550	0.30	1.92	0.2745	2.08	SUPERCRITICO	
						Yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	N° F.		CRITICO
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
	POR MÉTODO ALGEBRAICO					0.14	0.04	0.58	0.073	0.30	1.1	0.2123	1.0	CRITICO	
yn						A	P	R	T	V	E	N° F.	SUPERCRITICO		
(m)						(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)				
0.0869						0.0261	0.4737	0.0550	0.30	1.92	0.2745	2.08	CRITICO		
Yc						Ac	P	R	T	Vc	Ec	N° F.		CRITICO	
(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)									
					0.14	0.04	0.58	0.073	0.30	1.1	0.2123	1.0			

Cuadro N°4.35. Análisis del tramo 0+235.00 – 0+277.968 (aguas abajo)

TRAMO 02 SECCIÓN (3 - 4)	DATOS					PARAMETROS HIDRÁULICOS									
	Z	S	Q	n	b										
			(m³/s)		(m)										
	0.00	0.05297	0.050	0.015	0.30										
	POR SOFTWARE					yn	A	P	R	T	V	E	Nº Fr.	TIPO DE FLUJO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.0785	0.024	0.457	0.052	0.30	2.12	0.31	2.42	SUPERCRITICO	
						yc	Ac	P	R	T	Vc	Ec	Nº Fr.		
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.14	0.04	0.6	0.07	0.30	1.2	0.212	1.0	CRITICO	
	POR MÉTODO ALGEBRAICO					yn	A	P	R	T	V	E	Nº Fr.	SUPERCRITICO	
						(m)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)			
						0.0785	0.024	0.457	0.052	0.30	2.12	0.31	2.42	CRITICO	
yc						Ac	P	R	T	Vc	Ec	Nº Fr.			
(m)						(m²)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)				
0.14						0.04	0.6	0.07	0.30	1.2	0.212	1.0			

1). Pérdida de la energía

1.1). Cálculo de la disminución del Δy , en la transición de entrada es según la Ec.

(3.55):
$$\Delta y = \Delta h_v + c_x h_v = (1 + c_x) \Delta h_v$$

Cuadro 4.36. Pérdidas de energía en el entrada

$V_1 =$	0.491 m/s	aguas arriba (tramo: 0+215.0-0+220.00)
$y_1 =$	0.2038 m	
$V_2 =$	1.920 m/s	en el acueducto
$y_2 =$	0.0869 m	
$\Delta h_v =$	0.1753 m	pérdida de energía por cambio de velocidad

Luego: $\Delta y = 0.228$

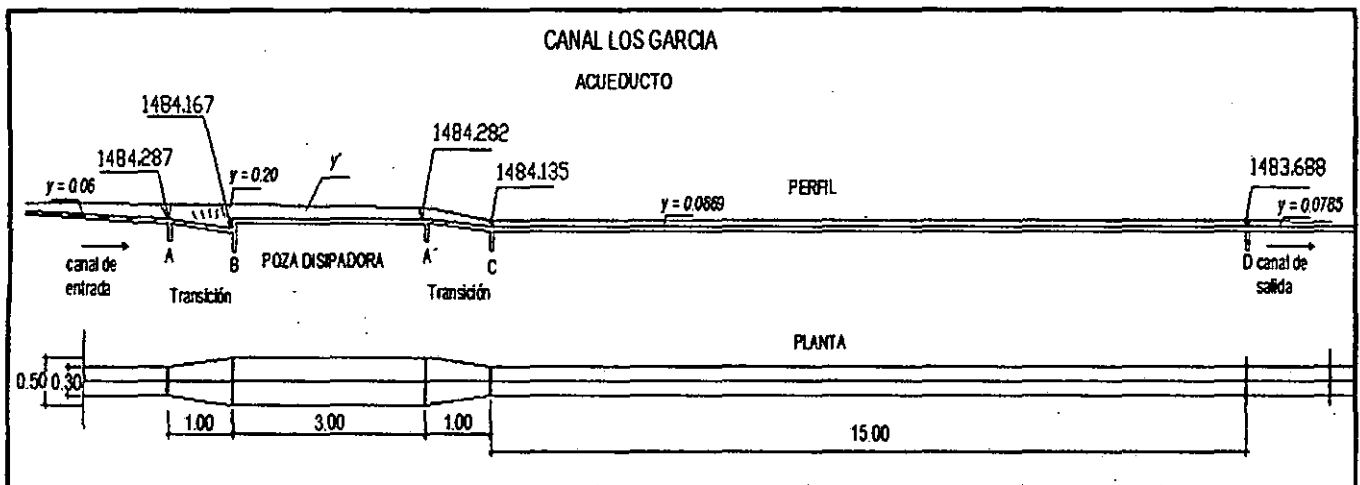
Si la cota A = 1484.287 msnm.

De la ec. (3.57) = Cota B = Cota A + $y_1 - (y_2 + \Delta y) = 1484.176 \approx$ asumimos:
1484.167

Entonces $h_{\text{fondo}} = 0.12\text{m}$

Si la cota A' = 1484.285 msnm

Fig. N°4.8. Perfil y planta del acueducto del canal Aravisca



1.2). Cálculo de la disminución del Δy , en la transición de salida de la poza disipadora es según la Ec. (2.60):

$$\Delta y = \Delta h_v - c_0 \Delta h_v = (1 + c_0) \Delta h_v$$

$$\text{Antes: } y_{B-A'} = 0.2038 - h_{\text{fondo}} = 0.0838\text{m}, \quad A_{B-A'} = 0.0419\text{m}^2,$$

$$V_{B-A'} = 1.193\text{m/s}, \quad \Delta h_v' = 0.1150\text{m}$$

$$\text{Luego: } \Delta y = 0.173$$

$$\text{Si: Cota C} = \text{Cota A}' - y_{B-A'} + y_2 - \Delta y = 1484.121 \approx \text{asumimos} = 1484.135 \text{ msnm}$$

$$\text{De la topografía se tiene : Cota D} = 1483.688$$

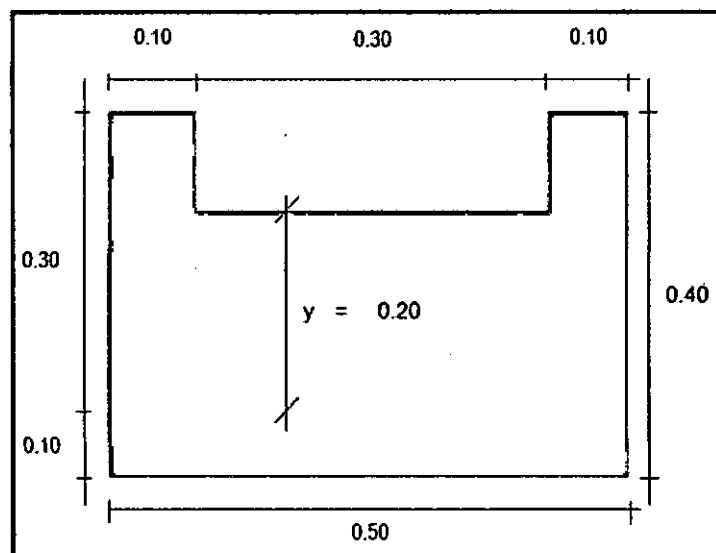
4.5. INFRAESTRUCTURA DE RIEGO - DISEÑO ESTRUCTURAL

Generalidades

Para el diseño estructural de cualquier obra de arte se tiene que conocer las condiciones del suelo sobre el cual se construirá la estructura. Se tiene que hacer como mínimo una perforación en el sitio donde se proyectaran las obras. En base a los datos de la perforación se puede calcular o estimar la capacidad de carga del terreno (también denominado capacidad portante) y calcular la presión lateral en las paredes.

4.5.1. Del canal

Fig. N°4.9. Dimensionamiento estructural del canal



DATOS:

➤ De la mecánica de suelos se tiene:

-Peso específico del Suelo (γ_s): 1760 Kg/m³

-Angulo de fricción interna (ϕ): 27°

➤ Características estructurales

-Peso específico del Concreto(γ_c): 2400 Kg/m³

-Resistencia del Concreto (f 'c): 175 Kg/cm²

➤ e : espesor de losa = 0.10m

a). Diseño a la rotura se emplea la fuerza del empuje mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{1}{2} \gamma_s H^2 K \dots\dots(4.4.1)$$

$$K = \text{Tg}^2 (45 - \frac{\phi}{2}) \dots\dots(4.4.2)$$

Dónde:

E = Empuje activo

K = Coef. De empuje activo

H = altura total

$$K = \text{Tg}^2 (45 - 27/2) \rightarrow K = 0.38$$

$$E = \frac{1}{2} \times 1,760 \times H^2 \times K \rightarrow E = \frac{1}{2} \times 1,760 \times 0.40^2 \times 0.38$$

$$E = 53.50 \text{ Kg / m}$$

b). Cálculo del momento por volteo (Mv)

$$Mv = E \times H/3 \dots\dots(4.4.3) \rightarrow Mv = 53.50 \times (0.4/3) = 7.13 \text{ kg-m}$$

$$\text{Mejorando el } Mv \rightarrow Mv = 1.8 (7.13) = 12.83 \text{ Kg -m}$$

Dónde: 1.8 = factor de corrección (R.N.E)

Cuadro N°4.37. Presiones sobre el terreno

<u>PRESIÓN SOBRE EL TERRENO</u>			
Peso de Muros	2 (0.30 x 0.10 x 2400 x 1 m)	144.00	Kg
Peso Losa de Fondo	0.50 x 0.10 x 2400 x 1,000 x 1 m	120.00	Kg
Peso del Agua	0.22 x 0.30 x 1000 x 1 m	66.00	Kg
TOTAL =		330.00	Kg

Peso Total Actuante = 330.00 kg

Area: 0.50 x 1 m = 0.50 m²

Presión sobre el Terreno = 330.00/0.50 = 660.00 Kg/m²

c) Cálculo del momento resistente (Mr)

$$Mr = \frac{1}{2} \gamma_c e H^2 \dots\dots\dots(4.4.4)$$

$$Mr = \frac{1}{2} \times 2400 \times 0.10 \times 0.40^2 \rightarrow Mr = 19.20 \text{ kg-m}$$

d) Cálculo del momento flector (M)

$$M = M_v - M_r = \pm M \dots\dots\dots(4.4.5)$$

*Si M es (+) el Revestimiento está actuando *estructuralmente* y por lo tanto deberá aumentar el espesor, o en su defecto reforzado.

*Si M es (-) el Revestimiento descansa simplemente sobre su talud y no es necesario el Refuerzo, siempre que:

$$Mr / M_v \geq 1.50 \dots\dots\dots (4.4.6)$$

Si:

$$M_v - M_r = 12.83 - 19.20 = -6.37 \text{(no trabaja estructuralmente)}$$

$$M_r / M_v = 19.20 / 12.83 \geq 1.50 \text{ (necesita refuerzo estructural)}$$

$$M_r / M_v = 19.20 / 7.13 \geq 2.7 \text{ (ok no necesita refuerza estructural)}$$

4.5.2. Del Reservorio

Diseño de muro de contención

1. Cálculo de las fuerzas de empuje activo del suelo Ea.

Datos:

Peso específico del Suelo (γ_s): $1750 \text{ kg/m}^3 = 1.75 \text{ Tn/m}^3$

Angulo de fricción interna (ϕ): 27°

Peso específico del Concreto: $2400 \text{ kg/m}^3 = 2.4 \text{ Tn/m}^3$

Presión de trabajo (σ_t): 1.03 Kg/cm^2

Cuadro N°4.38. Momentos y fuerzas

Pesos (P en Tn)		Brazo de palanca XA	Momentos estabilizadores Mo = XA.P (Tn-m)
P1=	$0.50 \times (2.50 \times 0.50) \times 2.40 = 1.20$	0.8667	1.040
P2=	$2.50 \times 0.40 \times 2.40 = 1.92$	0.300	0.576
P3=	$1.5 \times 0.50 \times 2.40 = 1.92$	0.800	1.536
P4=	$2.50 \times 0.40 \times 1.75 = 1.40$	1.400	1.960
P5=	$0.50 \times (2.50 \times 0.50) \times 1.76 = 0.88$	1.033	0.904
$\sum P = 7.32$		$\sum Mo = 6.02$	

DONDE:

X_A = Distancia del punto de aplicación de la fuerza a la arista delantera de cimiento

P = Resultante de fuerzas verticales.

$X_A.P$ = Momento estabilizador del muro.

2. Cálculo del Empuje activo, de la Ec. (4.4.1). $Ea = \frac{1}{2} \gamma_s \cdot H^2 \cdot \text{Tag}^2 (45^\circ - \phi)$

$$Ea = 1/2 \times 1.75 \times 2.5^2 \times \text{Tan}^2(45-27/2)$$

$$Ea = 2.054 \text{ Tn}$$

3. Chequeo por deslizamiento (Cd). $Cd = \frac{Fr}{Fas} \geq 1.5 \dots \dots \dots (4.4.7)$

Si: $Fr = Fv \cdot F \dots \dots \dots (4.4.8)$

$$F = 0.90 \times \text{Tag} \phi = 0.460$$

$$Fr = 7.32 \times 0.46 = 3.36 \text{ Tn.}$$

$$Fas = Ea = 2.054 \text{ Tn.}$$

Reemplazando los valores calculados en la Ec. (4.4.7):

$$CD = 3.36/2.056 \rightarrow 1.63 > 1.5 \gggg \text{ OK}$$

4. Chequeo por volteo (Cv). $Cv = \frac{\sum M_{estable}}{\sum M_{vuelco}} \dots \dots \dots (4.4.9)$

Si: $\sum M_{vuelco} = \sum Mo \dots \dots \dots (4.4.10)$

$$M_{vuelco} = Ea \times \sigma_t \rightarrow 2.054 \times 1.03 = 2.12 \text{ tn-m}$$

$$\text{Reemplazando: } Cv = 6.02 / 2.12 \rightarrow 2.84 > 1.5 \gggg \text{ OK}$$

5. Ubicación de la resultante en la base (d):

$$d = (\sum M_{estab.} - \sum M_{vuelco.}) / R \dots \dots \dots (4.4.11)$$

SI: $R = \sum P$

$$d = (6.02 - 2.12) / 7.32$$

$$d = 0.533$$

6. Cálculo de la excentricidad (e): Si: $e \leq B/3$ (4.4.12)

$$e = (B/2) - d \text{(4.4.13)}$$

$$e = 1.6 / 2 = 0.267 \rightarrow (\text{cae dentro del tercio central})$$

7. Comprobación de presiones sobre el terreno:

$$\delta = \left(\frac{\sum P}{\sigma_t * B} \right) \pm \left(\frac{6 * \sum P * n}{\sigma_t * B^2} \right) \text{(4.4.14)}$$

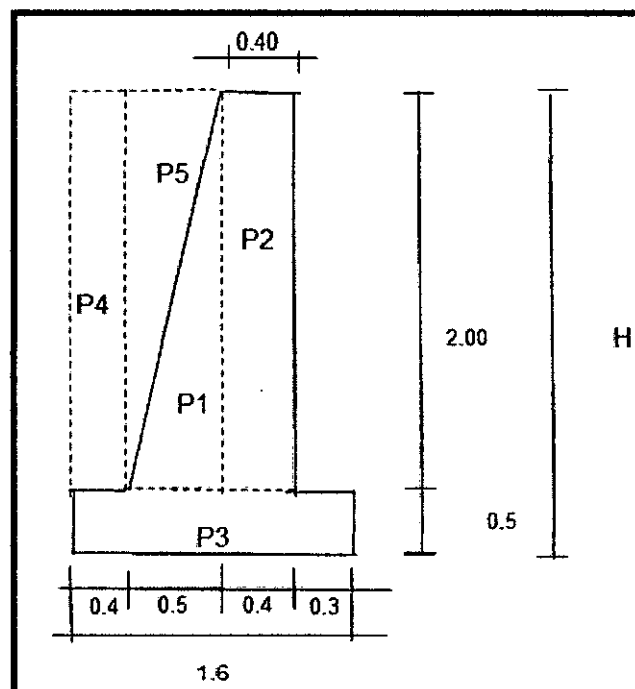
$$\delta_1 = (7.32 / 1.03 \times 1.6) + (6 \times 7.32 \times 0.267 / 1.03 \times 1.60^2)$$

$$\delta_1 = 8.88 \text{ Tn/m}^2 \rightarrow 0.89 \text{ kg/cm}^2 < 1.03 \text{ kg/cm}^2 \gggg \text{ OK}$$

$$\delta_2 = (7.32 / 1.03 \times 1.6) - (6 \times 7.32 \times 0.267 / 1.03 \times 1.60^2)$$

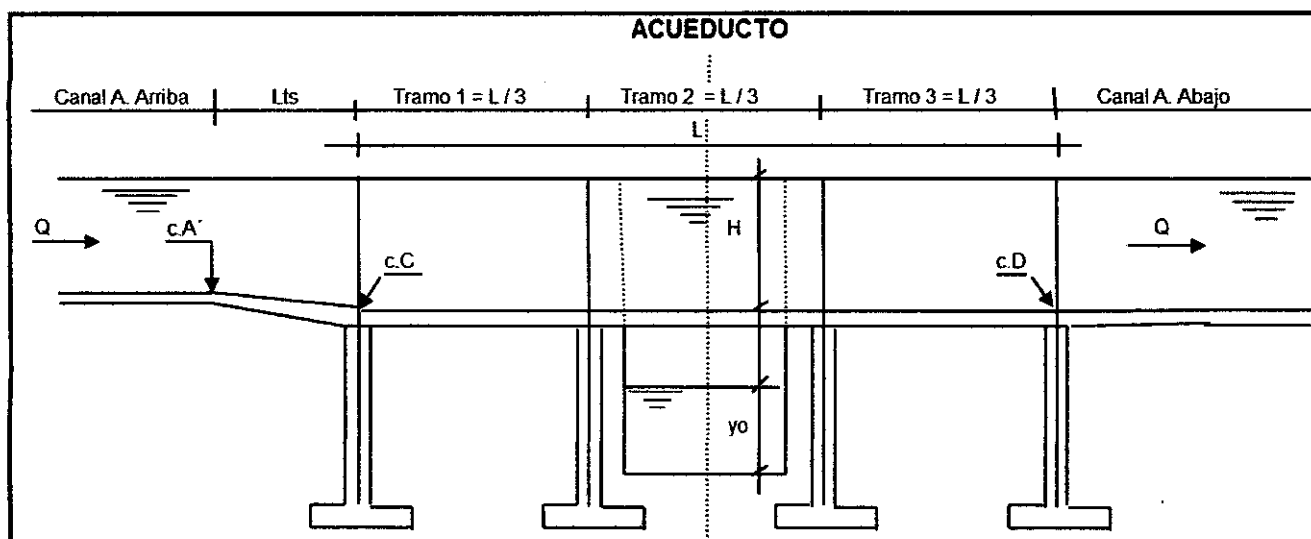
$$\delta_2 = -0.001790049 \text{ Tn/m}^2 \rightarrow 0.00018 \text{ kg/cm}^2 < 1.00 \text{ kg/cm}^2 \gggg \text{ OK}$$

Fig. N°4.10. Dimensiones del muro de reservorio



4.5.3. Del Acueducto

Fig. N°4.11. Perfil del acueducto



Cuadro N°4.39. Características del suelo, determinada en base al estudio de mecánica de suelos.

Textura	Areno-limo y Areno-arcillosos	
Peso unitario del agua (Kg/m ³):	$\gamma_a =$	1,000.00
Peso Unitario del material seco (Kg/m ³):	$\gamma_s =$	1,780.00
Peso Unitario del material saturado (Kg/m ³):	$\gamma_{Sat.} =$	1,180.00
Angulo de fricción Interna (°)	$\phi =$	28
Capacidad Portante material (Kg/cm ²):	$\sigma_c =$	3.59

a). Del cuadro N°4.34: tenemos las siguientes características hidráulicas del acueducto

$Q =$	0.05 m ³ /s	$y_2 =$	0.0869 m
$b =$	0.30 m	$v_2 =$	1.92 m/s
$z =$	0.00	$h_{v_2} =$	0.19 m
$n =$	0.015	$F =$	2.08
$S =$	0.0396	$H =$	0.30 m
$L =$	15.00 m		

➤ De la fig. N°4.8, tenemos:

Cota A' = 1,484.285, Cota C = 1,484.135, cota D = 1,483.688

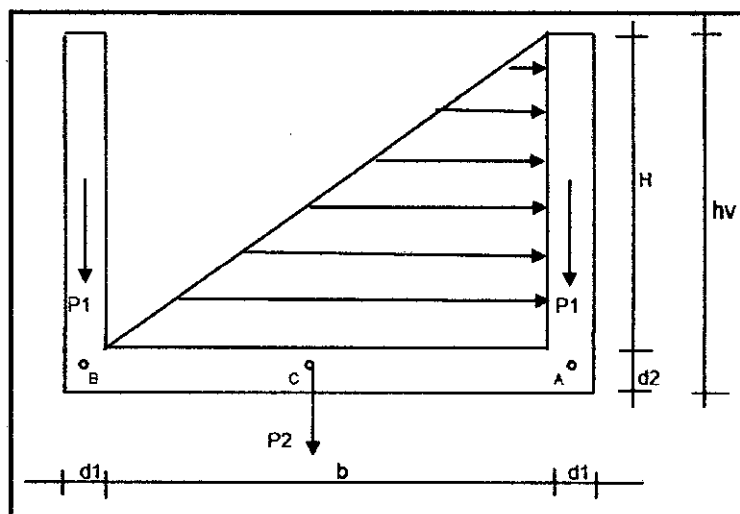
El acueducto no cuenta con transición de salida, debido a que el flujo se mantiene constante, y la solera de este es el mismo del canal aguas abajo.

b). El diseño Estructural

Comprende tres elementos que conforman la estructura: b.1). Caja que conduce el agua o acueducto, b.2.). Las columnas, b.3). Las zapatas

b.1). Cálculo Estructural de la Caja

Fig. N°4.12. Cuando la caja está totalmente llena de agua



➤ Para hallar los momentos se debe calcular, las cargas en la sección transversal:

- La presión lateral del agua sobre los muros o vigas,
- El peso del agua sobre la losa,
- El peso propio de la losa

Cuadro N°4.40. Datos de Diseño estructural

Espesor del muro o viga lateral (m)	$d_1 =$	0.15
Espesor de losa (m)	$d_2 =$	0.15
Espesor de la columna (m)	$c =$	0.40
Peso específico del agua (Kg/m ³)	$\square a =$	1,000
Peso específico del concreto (Kg/m ³)	$\square c =$	2,400
Grado de Fluencia del acero (Kg/cm ²)	$f_y =$	4,200
Resistencia del concreto (Kg/cm ²)	$f'c =$	210
Capacidad portante del suelo (Kg/cm ²)	σ_c	3.59
Recubrimiento (m)	$r_1 =$	0.04
Metro lineal de losa y/o muro, (m)	$B =$	1.00
Módulo de elasticidad del acero (Kg/cm ²)	$E_s =$	2'000,000
Módulo de elasticidad del concreto (Kg/m ²),	$E_c =$	$15000 * f'c^{1/2}$
	$E_c =$	217,370.65
Esfuerzo del concreto (Kg/cm ²) : $0.4 * f'c$	$F_c =$	84
Esfuerzo del acero (Kg/cm ²) : $0.4 * f_y$	$F_s =$	1,680.00
$r = F_s / F_c =$	$r =$	20
$n = E_s / E_c =$	$n =$	9.0
$k = n / (n + r) =$	$k =$	0.31
$j = 1 - k / 3 =$	$j =$	0.90

✓ Además para los cálculos del acero se utilizará la siguiente tabla:

Tabla N°4.4. Varillas de producción común en nuestro medio

Barra Número	Diámetro (ϕ)		Peso	Área	Perímetro
	Pulg.	cm	kg/m	cm ²	cm
3	3/8	0.95	0.559	0.71	2.99
4	1/2	1.27	0.993	1.27	3.99
5	5/8	1.59	1.552	1.98	4.99
6	3/4	1.91	2.235	2.85	5.98
7	7/8	2.22	3.042	3.88	6.98
8	1	2.54	3.973	5.07	7.98
9	1 1/8	2.86	5.028	6.41	8.98
10	1 1/4	3.18	6.207	7.92	9.97
11	1 3/8	3.49	7.511	9.58	10.97
12	1 1/2	3.81	8.938	11.40	11.97

- Cálculo de la presión lateral del agua, que genera un momento en el punto A.

$$M_A (kg - m / m) = \left[\frac{\left(H + \frac{d_2}{2} \right)^3}{6} \right] * \gamma_a \dots\dots\dots (4.4.15)$$

$$M_A = [(0.30 + 0.15/2)^3 / 6] * 1000 \rightarrow M_A = 8.79 \text{ kg} - \text{m/m}$$

- En el centro de la losa se produce un momento en C.

$$q (kg / m^2) = H * \gamma_a + d_2 * \gamma_c \dots\dots\dots (4.4.16)$$

$$q = 0.30 \times 1000 + 0.15 \times 2400 \rightarrow q = 660 \text{ kg/m}^2$$

- Calculando el momento en C:

$$M_c (kg - m / m) = \left[q * \frac{(b + d_2)^2}{8} \right] - M_A \dots\dots\dots (4.4.17)$$

$$M_c = [660 \times (0.30 + 0.15)^2 / 8] - 8.79 \rightarrow M_c = 8.0 \text{ kg} - \text{m/m}$$

- Determinación del peralte útil del muro (d_{um}).

$$du (cm) = (H_2 + d_2 - r_1) * 100 \dots\dots\dots (4.4.18)$$

$$du = (0.30 + 0.15 - 0.04) \rightarrow du = 41 \text{ cm}$$

Asumiendo $du = 41 \text{ cm}$, para 45 cm , que es el espesor, nos da un recubrimiento que excede a los 4 cm mínimos solicitados.

Área de acero por metro de ancho de muro

La caja se diseñara por el método de carga de servicio por estar está, en contacto con el agua. Por tanto el área de acero por metro de ancho de muro será:

-Acero vertical cara exterior.

$$A_{sm} (cm^2) = \frac{M_A}{F_s * j * B} \dots\dots\dots(4.4.19)$$

$$A_{sm} = 8.79 / (1,680 \times 0.89 \times 1) \rightarrow 0.01 \text{ cm}^2$$

-Acero mínimo para el muro.

$$A_{smin} (cm^2) = 0.0015 * B * (d_1 - r_1) \dots\dots\dots(4.4.20)$$

$$A_{smim} = 0.0015 \times 100 \times (15 - 4) \rightarrow 1.65 \text{ cm}^2$$

$$A_{smim} = 1.65 > 0.01$$

Por tanto: acero vertical cara interior (contacto con el agua)

$$N^{\circ} \text{varillas.} Fe = \frac{A_s}{A_v} \dots\dots\dots(4.4.21)$$

$$N^{\circ} \text{varillas} = A_s / A_{\emptyset 1/2''}, \text{ de la tabla N}^{\circ} 4.4: A_{\emptyset 1/2''} = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{varillas} = 1.65 / 1.27 = 1.30 \approx \text{asumimos}$$

$$2.00 \emptyset \frac{1}{2}''$$

-Acero de temperatura.

$$A_{tm} (cm^2) = 0.0025 * B * d_1 \dots\dots\dots(4.4.22)$$

$$A_{tm} = 0.0025 \times 100 \times 15 \rightarrow 3.75 \text{ cm}^2$$

Por tanto: el acero horizontal al sentido del flujo en ambas caras del muro o viga

$$N^{\circ} \text{varillas} = 3.75 / 1.27 = 2.95 \approx 3.0 \emptyset \frac{1}{2}''.$$

➤ Determinación del peso propio del muro o viga.

$$P_l (kg / m) = (H + d_2) * d_1 * \gamma_c \dots\dots\dots(4.4.23)$$

$$P_1 = (0.30 + 0.15) \times 0.15 \times 2400 \rightarrow 162.00 \text{ kg/m}$$

➤ Determinación del peso de la losa más el peso del agua.

$$Q_1 = (\text{kg/m}) = \frac{q * b}{2} \dots\dots\dots(4.4.24)$$

De la ec. (4.4.16), $q = 660 \text{ kg/m}^2$

$$Q_1 = 660 \times 0.30 / 2 \rightarrow 99 \text{ kg/m}$$

Consecuentemente:

$$M(\text{kg-m}) = \frac{(Q_1 + P_1) * \left(\frac{L}{3} - \frac{c}{2}\right)^2}{8} \dots\dots\dots(4.4.25)$$

$$M = (99 + 162) \times (15/3 - 0.40/2)^2 / 8$$

$$M = 751.68 \text{ kg-m}$$

Área de acero por metro de ancho de muro para diseño por carga de servicio

- Acero vertical cara exterior:

$$\text{De la Ec. (4.4.19): } A_{sm}(\text{cm}^2) = \frac{M}{F_s * j * B}$$

$$A_{sm} = 751.68 / (1680 \times 0.89 \times 1) \rightarrow 0.503 \text{ cm}^2$$

$$N^\circ \text{ varillas} = 0.503 / 1.27 = 0.40 \approx 1.00 \text{ } \varnothing \frac{1}{2}''$$

Área de acero por metro de ancho de losa

- Acero mínimo: acero perpendicular al eje (cara inferior)

$$A_{smm}(\text{cm}^2) = 0.0017 * d_1 * du \dots\dots\dots(4.4.26)$$

De la ec. (4.4.18): $du = 41 \text{ cm}$

$$A_{smm} = 0.0017 \times 15 \times 41 \rightarrow 1.05 \text{ cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{ varillas} = 1.05/1.27 = 0.83 \approx 1 \text{ } \varnothing \frac{1}{2}''$$

Por tanto N° total de varillas verticales: 4 $\varnothing \frac{1}{2}''$

- Acero de temperatura: acero paralelo al eje en ambas caras: (superior e inferior)

$$A_{tm} (cm^2) = 0.0018 * B * d_1 \dots\dots\dots (4.4.27)$$

$$A_{tm} = 0.0018 \times 100 \times 15 \rightarrow 2.70 \text{ cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{ varillas} = 2.70/1.27 = 2.13 \approx 3.00 \text{ } \varnothing \frac{1}{2}''$$

b.1.1). Diseño del muro o viga por flexión

Para fijar el brazo del par interno, se recomienda que la luz entre apoyos de la viga ($L/3$) y el peralte de esta ($H+d_2$), sea igual a mayor que 1:

$$\Rightarrow \frac{\frac{L}{3}}{H + d_2} \dots\dots\dots (4.4.28) \rightarrow 11.11 > 1 \dots\dots\dots \text{ok}$$

- El brazo del par interno (m): $Z_o(m) = 0.6 * (H + d_2) \dots\dots\dots (4.4.29)$

$$Z_o = 0.6 \times (0.30 + 0.15) \rightarrow 0.27 \text{ m}$$

- Momento considerando el peso total de la caja, de la ec. (4.4.25):

$$M_o (kg - m) = \frac{(P_1 + Q_1) \left(\frac{L}{3} - \frac{1}{2} c \right)^2}{8}$$

De la ec. (4.5.23) y (4.5.24):

$P_1 = 162 \text{ kg/m}$, $Q_1 = 117 \text{ kg/m}$ y $c = \text{espesor de columna}$

$$M_o = 2 \times (162 + 99) \times (15/3 - 0.40/2)^2 / 8 \rightarrow 1,503.36 \text{ kg}$$

-m

b.1.2) Área de acero por flexión y compresión para el muro o viga:

Tabla N°4.5. Factores de reducción de capacidad

Factores de reducción de capacidad:		
Para flexión:	$\phi =$	0.9
Para cortante:	$\phi =$	0.75
para flexo-compresión:		
columnas zunchadas	$\phi =$	0.7
columnas estribadas	$\phi =$	0.65

- Área de acero necesario en la cara inferior de la viga (flexión):

$$A_s (cm^2) = \frac{M_0}{\phi * f_y * Z_0} \dots\dots\dots (4.4.30)$$

Dónde:

$$M_0 = 1,503.36 \text{ kg -m}, f_y = 4,200 \text{ kg/m}^2, Z_0 = 0.27 \text{ m}$$

$$A_s = 1,503.36 / (0.9 \times 4,200 \times 0.27) \rightarrow 1.47 \text{ cm}^2$$

$$N^\circ \text{ varillas} = 1.47/1.98 = 0.74 \approx 1 \text{ } \phi \text{ } 5/8''.$$

- Revisión del esfuerzo de aplastamiento en el apoyo

✓ Siendo el factor de aplastamiento permisible:

$$f_{apl.per.} (kg / cm^2) = 0.50 * f'_c \dots\dots\dots (4.4.31)$$

$$f_{apl.per} = 0.50 \times 210 = 105 \text{ kg/cm}^2$$

✓ Fuerza Cortante:

$$V_u (tn) = \frac{2 * (Q_1 + P_1) * (\frac{L}{3})}{2} \dots\dots\dots (4.4.32)$$

$$V_u = 2 \times (0.099 + 0.162) \times (15/3) / 2 = 1.305 \text{ Tn.}$$

✓ Factor de aplastamiento actuante: $f_{apl.} (kg / cm^2) = \frac{V_u}{c * d_1} \dots\dots\dots (4.4.33)$

$$f_{apl} = 1,305 \text{ kg} / (40 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}) = 2.18 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Luego: } f_{apl} = 2.18 \text{ kg/cm}^2 < f_{apl,per} = 105 \text{ kg/cm}^2 \gggg \text{ Ok}$$

- Revisión por fuerza cortante la sección crítica por cortante de la viga, medida desde la cara del apoyo, está localizada a un distancia Z.

$$Z(m) = 0.15 * \left(\frac{L}{3} - c \right) \dots\dots\dots (4.4.34)$$

$$Z = 0.15 \times (15/3 - 0.40) \rightarrow Z = 0.69 \text{ m.}$$

✓ La medida de la distancia desde el centro del apoyo L_1 es:

$$L_1(m) = Z + \frac{c}{2} \dots\dots\dots (4.4.35)$$

$$L_1 = 0.69 + 0.40/2 = 0.89$$

✓ Reacciones internas en la sección crítica

$$M_{uc}(tn - m) = V_u * L_1 - 2 * (Q_1 + P_1) * \frac{L_1^2}{2} \dots\dots\dots (4.4.36)$$

$$M_{uc} = 1.305 * 0.863 - 2 \times (0.099 + 0.162) \times 0.89^2/2$$

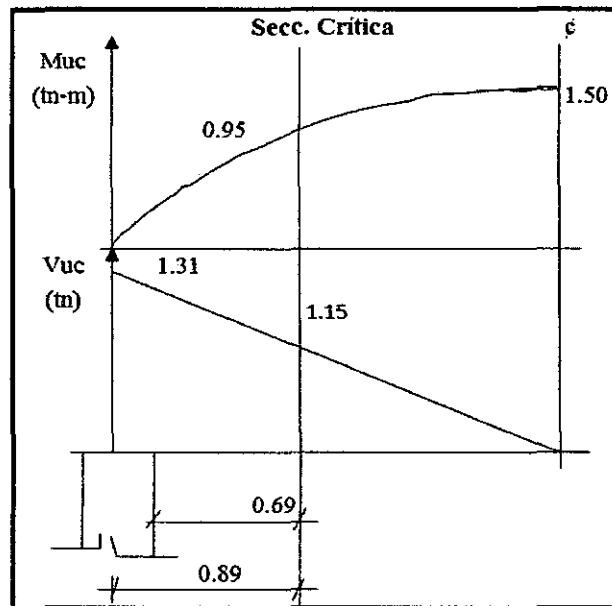
$$M_{uc} = 0.95 \text{ Tn-m}$$

Momento cortante crítico:

$$V_{uc}(tn) = V_u - 2(Q_1 + P_1) * L_1 \dots\dots\dots (4.4.37)$$

$$V_{uc} = 1.305 - 2(0.099 + 0.168) \times 0.89 \rightarrow V_{uc} = 0.84 \text{ Tn.}$$

Fig. N°4.13. Sección crítica por cortante en la viga



b.1.3) Reacción del Muro o viga lateral hacia la columna (R):

Se determina mediante la siguiente relación:

$$R(kg) = \left(\frac{Q_1 + P_1}{2} \right) * \frac{L}{3} \dots\dots\dots (4.4.38)$$

$$R = \frac{1}{2} \times (99 + 162) \times 15/3 \rightarrow R = 652.5 \text{ kg.}$$

- Fuerza cortante última (Ru): $R_u(kg) = 1.67 * R \dots\dots\dots (4.4.39)$

$$R_u = 1.67 \times 652.5 \rightarrow R_u = 1,089.68 \text{ kg.}$$

- Esfuerzo cortante permisible ($t_{c.perm.}$):

$$t_{c.perm.} (kg / cm^2) = \frac{\beta_1 * \sqrt{f'_c}}{2} \dots\dots\dots (4.4.40)$$

Dónde: $\beta_1 = 0.85 \rightarrow$ si la resistencia del concreto es menor a 280 kg/cm^2

$$t_{c.perm.} = (0.85 \times 210^{1/2}) / 2 \rightarrow t_{c.perm.} = 6.16 \text{ kg/cm}^2.$$

- Valor de la cuantía, para la condición de falla balanceada (ρ_b):

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) \dots\dots\dots (4.4.41)$$

$$\rho_b = 0.85 \times 0.85 \times (210/4200) \times (6000 / 6000+4200) \rightarrow \rho_b = 0.0213$$

Nota: El código ACI, da los límites de cuantía para el diseño

$$\rho_{\max} = 0.75 * \rho_b \dots\dots (4.4.50) \rightarrow \rho_{\max.} = 0.159$$

$$\rho_{\min} = 0.8 * \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \dots\dots (4.4.51) \rightarrow \rho_{\min.} = 0.0028$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} \dots\dots\dots (4.4.52) \rightarrow \rho_{\min.} = 0.0033$$

Entonces: $\rho = 0.020 > \rho_{\min.} \rightarrow$ conforme

$\rho = 0.020 < \rho_{\max.} \rightarrow$ conforme

- Esfuerzo cortante (τ_c):

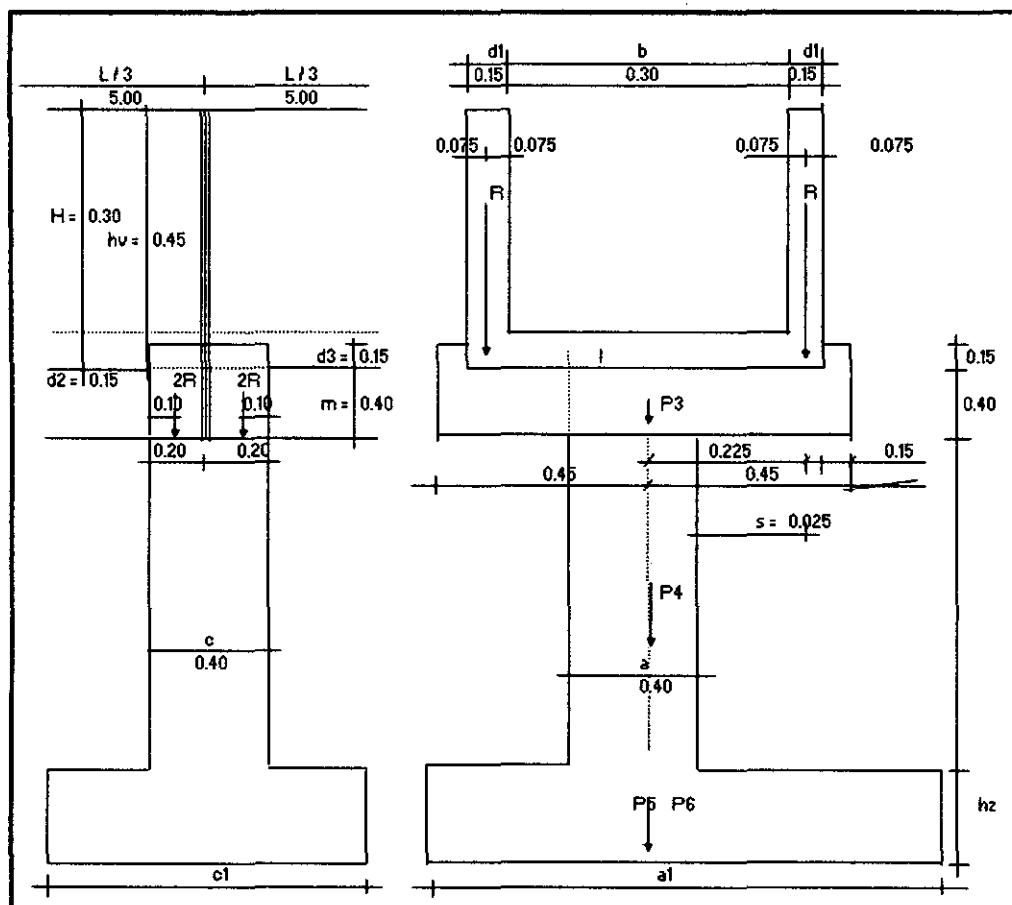
$$t_c (kg/cm^2) = \frac{R_u}{\left(H_2 + d_2 - r_1 - \frac{\rho_{\max}}{2} \right) * d_1} \dots\dots\dots (4.4.42)$$

$$\tau_c = 1,089.68 / (30+15- 4- 0.0159/2) \times 15 \rightarrow \tau_c = 1.81 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{Si: } \tau_c = 1.81 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{c.perm} = 6.16 \text{ kg/cm}^2 \gggg \text{ Ok}$$

b.2). Cálculo Estructural de la columna.

Fig. N°4.14. Dimensiones de diseño de la columna



Cuadro N°4.41. Datos del diseño de columna

<u>Viga Superior</u>			
Asumimos: Ancho de Viga (m)	c =	0.40	
Altura de Viga (m)	m =	0.40	
Altura de apoyo de Viga (m)	d3 =	0.15	
<u>Columna</u>			
Asumimos: Ancho de columna (m)	a =	0.40	
Espesor de columna (m)	c =	0.40	
Dist. de resultante (R) a la cara de la Columna (m), $S=0.5 (b-a+d)$	s =	0.025	
Altura de la columna (m)	hc =	5.0	

La columna transmite las cargas de la caja hacia la zapata, y cuenta con una viga en la parte superior, la cual forma el soporte para la caja.

Las cargas que actúan sobre la columna son:

- Reacciones (R) de los muros o vigas laterales de la caja
- Peso Propio de la viga superior sobre la columna (P3)

$$P_3(kg) = m * c * (b + 2d_1 + 2d_3) * \gamma_c + 2c * d_3^2 * \gamma_c \dots\dots\dots(4.4.43)$$

$$P_3 = 388.80 \text{ kg}$$

Las reacciones (R) de los muros o vigas laterales de la caja, ocasionan un momento en la viga superior de la columna y además una fuerza cortante (τ_c .)

Momento en el centro de la parte superior de la viga:

$$\text{Se determina: } M_u(kg - m) = 0.50(b - a + d_1) * 2R_u \dots\dots\dots(4.4.44)$$

$$Mu = 54.48 \text{ kg-m}$$

Esfuerzo cortante ultimo: $V_u(kg) = 2R_u \dots\dots\dots(4.4.45)$

$$\text{De la ec. (4.4.39): } Ru = 1089.68 \text{ kg.} \rightarrow Vu = 2, 179.36 \text{ kg.}$$

Esfuerzo cortante nominal:

$$\tau_u(kg / cm^2) = \frac{V_u}{(m - r_1 - \frac{\rho_{max}}{2}) *} \dots\dots\dots(4.4.46)$$

$$t_u = (2, 179.36) / (40 - 4 - 0.159/2) * 40 = 1.55 \text{ kg/cm}^2$$

Este esfuerzo cortante nominal en la rotura debe ser menor del esfuerzo cortante permisible ($t_{cperm.}$) que toma un área sin reforzar, lo cual no excederá a:

$$t_{c. perm.} = 6.16 \text{ Kg / cm}^2$$

Entonces se tiene que: $6.16 \text{ Kg / cm}^2 > 1.55 \text{ kg/cm}^2 \gggg$ no necesita refuerzo

b.2.1). Diseño de la columna: Se debe considerar dos casos.

- **Caso I:** Cuando la caja del Acueducto a ambos lados de la columnas instaladas y llenas con agua o sea un sistema de carga simétrica.

Las cuatro reacciones (R_u) serán reemplazadas por una reacción total (R_t) en el centro de la columna:

$$R_t (kg) = 4R_u \dots\dots\dots(4.4.47)$$

$$R_t = 4 \times 1,089.68 = 4,358.72 \text{ kg.}$$

Carga Ultima (P_u): La carga última P_u debe resistir la columna, e incluye también el peso propio de ella (G_4) y de la viga superior (G_3):

$$P_4 (kg) = h_c * c * a * \gamma_c \dots\dots\dots(4.4.48)$$

$$P_4 = 5 \times 0.40 \times 0.40 \times 2400 = 1,920.00 \text{ kg}$$

$$P_u (kg) = R_t + 1.5(P_3 + P_4) \dots\dots\dots(4.4.49)$$

$$P_u = 4,358.72 + 1.5(460.80 + 1920.00) = 7,821.92 \text{ kg}$$

Momento Último (M_u):

Si la excentricidad: $e = 0.10 * c \rightarrow 0.04$

$$M_u (kg - cm) = P_u * e * B \dots\dots\dots(4.4.50)$$

$$M_u = 7,821.92 * 0.04 * 100 = 31,287.68 \text{ kg- cm}$$

Esbellez de la columna:

Se puede despreciar cuando el factor:

$$F = \frac{k * h_c}{r_c} \dots\dots\dots(4.4.52)$$

$$I_c (cm^4) = \frac{a * c^3}{12} \dots\dots\dots(4.4.51)$$

$$r_c (cm) = \sqrt{\frac{I_c}{A_c}} \dots\dots\dots(4.4.53)$$

$$A_c (cm^2) = a * c \dots\dots\dots(4.4.52)$$

$$F = \frac{k * h_c}{r_c} \dots\dots\dots(4.4.54)$$

Dónde:

$K = 2$, factor de longitud de columna ,
 h_c = longitud de columna,
 r_c = radio de giro
 I_c = inercia de la columna en centro de gravedad

Reemplazando: $I_c = 21,333.33 \text{ cm}^4$
 $A_c = 1,600 \text{ m}^2$
 $r_c = 11.55 \text{ cm}$
 $F = 2 \times 5 \times 100 / 11.55 = 86.58$

Entonces: $86.58 > 22$, se debe considerar la esbeltez de la columna

Carga crítica de la columna (P_{cr}):

$$E_c (\text{kg} / \text{cm}^2) = \gamma_c^{1.5} * 4,270 * \sqrt{f'c} \dots\dots\dots (4.4.55)$$

$$E.I. (\text{kg} - \text{cm}^2) = \frac{E_c * I_g}{1 + \beta_d} \dots\dots\dots (4.4.56)$$

$$P_{cr} (\text{kg}) = \frac{\pi^2 * E.I.}{(k * h_c)^2} \dots\dots\dots (4.4.57)$$

Donde:

γ_c = peso específico del concreto,

$f'c$ = resistencia al concreto,

$I_g = I_c$

$\beta_d = 0$

Reemplazando: $E_c = (2400/100)^{1.5} \times 4270 \times 210^{1/2} = 23,067.03 \text{ kg/cm}^2$

$$EI = 1.963E + 10 \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$P_{cr} = 193,764.00 \text{ kg.}$$

Momento amplificado (M_{am}):

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi * P_{cr}}} \dots\dots\dots (4.4.58)$$

$$M_{am} (\text{kg} - \text{cm}) = \delta * M_u \dots\dots\dots (4.4.59)$$

Dónde:

factor $C_m = 1$ (extremo superior de columna libre),

$\phi = 0.70$, $P_u = 7,821.92 \text{ kg}$

Reemplazando: $\delta = 1 / (1 - 7,821.92 / 0.7 * 193,764.00) = 1.06$

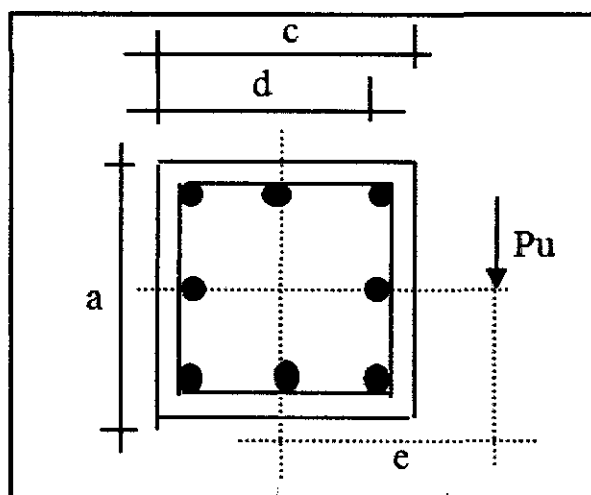
$M_{am} = 1.06 \times 31,287.68 = 33,165.00 \text{ kg-cm}$

Área de Refuerzo de columna (A_s):

Con los valores de: $P_u : 7,821.92 \text{ kg}$, $M_{am} = 33,165.00 \text{ kg-cm}$

Se determinan los factores necesarios para el uso de las Gráficas de Iteración para Columnas de Concreto Reforzadas tomadas de la edición "Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado", Apéndice C.

Fig. N° 4.15. Detalle de distribución del acero en columna



$$K = \frac{P_u}{\phi * a * c \left(1.05 - \frac{f'_c}{1400} \right) f'_c} \dots\dots\dots (4.4.60)$$

$$R = \frac{M_{am}}{\phi * a * c^2 \left(1.05 - \frac{f'_c}{1400} \right) f'_c} \dots\dots\dots (4.4.61)$$

$$R = 0.00391$$

Relación de la excentricidad: $M_{am} / P_u * c \rightarrow e/c = 0.11$

$$\text{Si: } d \text{ (cm)} = (c - r_1 - 0.016/2) = 35.20$$

Luego: $d/c = 35.9\text{cm} / 0.40\text{m} = 0.88 \approx 0.9$

Por tanto con estos valores la tendencia de $q = 0$, en cambio si el valor de $q \geq 0.20$, el valor de (p) se calcula mediante la siguiente formula:

$$p = q * \left(1.05 - \frac{f'_c}{1400} \right) * \frac{f'_c}{f_y} \dots\dots\dots(4.4.62)$$

$$A_{smin} (\text{cm}^2) = 0.01 \times a \times c = 0.010 \times 40 \times 40 = 16 \text{ cm}^2$$

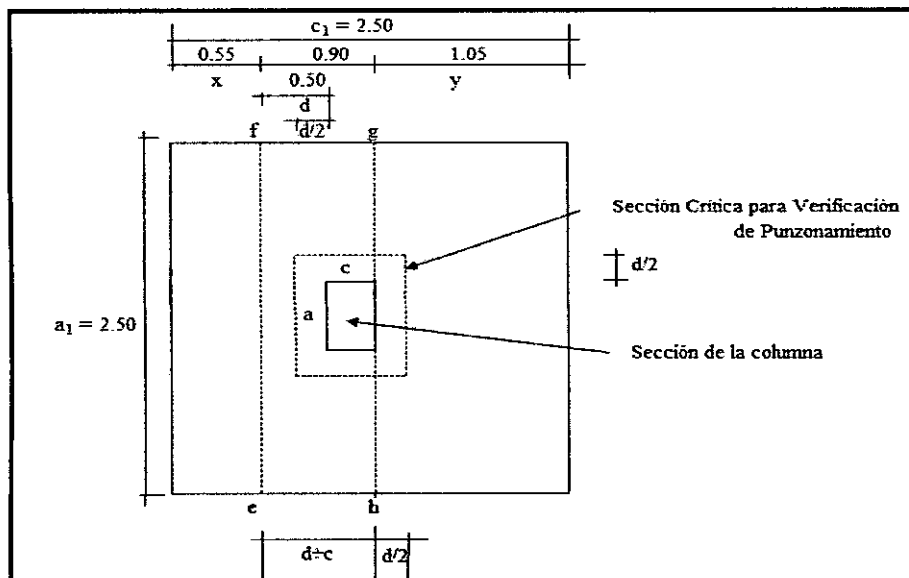
$$N^\circ \text{ de varillas} = A_s / A_o = 16 \text{ cm}^2 / 1.59 \text{ cm}^2 = 10.12 \approx 10 \text{ } \varnothing 5/8''$$

Estribos de $\varnothing 3/8$: 1 @ 0.05, 3 @ 0.10, 3 @ 0.20 en los extremos de la columna, el resto @ 0.25.

b.3). Diseño de la zapata

El área resistente requerida por la zapata se obtiene dividiendo la carga última (P_u), incluyendo el peso de la zapata, por la capacidad portante del suelo (G_c). En esta etapa debe estimarse el peso de la zapata que generalmente es del 4 al 8 % de la carga de la columna, aplicando el primer valor (4) a los suelos más resistentes.

Fig. N° 4.16. Análisis de la zapata



➤ Peso de la zapata (kg): $P_5 = 0.08 \times P_u = 0.08 \times 7,821.92 = 625.75 \text{ kg.}$

- Área de la zapata (cm²): $(P_u + P_5) / \sigma_c = 2,353.11 \text{ cm}^2$

Asumimos: Ancho de la sección (m): $c_1 = 2.50$

Longitud de la sección (m): $a_1 = 2.50$

- Área de zapata asumida: $A_z = c_1 \times a_1 = 6.25 \text{ m}^2$
- Peralte de funcionamiento (d): $\text{asumiendo} = c + 0.10 \rightarrow d = 0.50$
- Altura de zapata hz: 0.50 m.
- Peso de la zapata P_5 , en estado de la quebrada en seco:

$$P_5 (\text{kg}) = c_1 \times a_1 \times h_z \times \rho_c \dots\dots\dots(4.4.63)$$

$$P_5 = 2.5 \times 2.5 \times 0.50 \times 2400 = 7,500 \text{ kg.}$$

- Estado de la quebrada con agua P_6 (kg)

$$P_6 = c_1 \times a_1 \times h_z \times \rho_c^* (\rho_c - \rho_{H2O}) / \rho_c \dots\dots\dots(4.4.64)$$

$$P_6 = 2.5 \times 2.5 \times 0.50 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times (2400 - 1000) / 2400$$

$$P_6 = 4,375 \text{ kg}$$

b.3.1). Análisis de la zapata: se presentan 2 casos

- **Caso I:** La presión sobre el suelo es, considerando que el dren cruzado por el acueducto esté con agua.

Presión de la estructura sobre el suelo (σ_t)

$$\sigma_t (\text{kg/cm}^2) = (4 \times R + P_3 + P_4 + P_6) / (c_1 \times a_1) \dots\dots\dots(4.4.65)$$

$$= (4 \times 625.5 + 460.80 + 2,880 + 4,375) / (250 \times 250)$$

$$\sigma_t (\text{kg/cm}^2) = 0.150$$

Factor de seguridad (F_s):

Se debe cumplir $F_s \geq 3$, cuando no cumple se debe aumentar las dimensiones de la zapata.

$$\sigma_c / \sigma_t \rightarrow 23.93 > 3.00 \gggg \text{ ok}$$

➤ **Caso II:**

Es importante la ubicación del resultante de todas las carga, tanto de las reacciones (R), así como el momento generado por la excentricidad de estas reacciones.

- Si el resultante cae en el tramo central de la base, con una longitud igual a: $c_1 / 3$, la reacción es bien distribuida, es recomendable

- Si el resultante cae en el primer tramo de la base, también con longitud $c_1 / 3$, la reacción es mal distribuida, no es recomendable y en este caso habrá que ampliar el ancho (c_1) de la zapata, hasta que resulte la distribución anterior

Momento generado por la excentricidad (M): el momento generado por la excentricidad de las reacciones (R) sobre la columna es:

$$M(kg - m) = \frac{R * c}{2} \dots\dots\dots(4.4.66)$$

$$M = 652.5 \times 40/2 = 13,050 \text{ kg-m}$$

Excentricidad: debe cumplir $e \geq c_1 / 6$, siendo c_1 : ancho de zapata en cm.

$$\rightarrow 250 / 6 = 41.67 \text{ cm}$$

-La excentricidad (e) de las cargas verticales con respecto al eje de la columna para el caso del dren con agua, sale de:

$$e(cm) = \frac{M}{(2R + P_3 + P_4 + P_6)} \dots\dots\dots(4.4.67)$$

$$e = 13,050 / (2 \times 652.5 + 388.80 + 1,920 + 4,375) \rightarrow e = 1.63$$

-Como (e) es menor, entonces las presiones sobre el suelo deberá calcularse con:

$$R_v(kg) = 2R + P_3 + P_4 + P_6 \dots\dots\dots(4.4.68)$$

$$\sigma_1(kg / cm^2) = \frac{R_v}{A_z} + \frac{M}{W} \dots\dots\dots(4.4.70)$$

$$W(cm^3) = \frac{c_1^3}{6} \dots\dots\dots(4.4.69)$$

$$\sigma_2(kg / cm^2) = \frac{R_v}{A_z} - \frac{M}{W} \dots\dots\dots(4.4.71)$$

Reemplazando obtenemos:

$$R_v = 2 \times 652.5 + 388.80 + 1,920 + 4,375 = 7,988.80 \text{ kg}$$

$$W = 250^3/6 = 2' 604, 166.67 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_1 = 7,988.80/6.25 \times 10^4 + 13,050/2' 604, 166.67 = 0.13 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 7,988.80/6.25 \times 10^4 - 13,050/2' 604, 166.67 = 0.12 \text{ kg/cm}^2$$

Factor de seguridad (Fs):

$$Fs: \sigma_c / \sigma_1 \rightarrow 3.59/0.13 = 27.62 > 3 \gg \gg \text{ok}$$

Como en este caso el Fs también es mayor que 3, el cálculo estructural de la zapata se realiza con el caso I, que es el caso crítico, y en base de una fuerza última cortante (v_u).

Fuerza ultima para punzonamiento (v_u): $v_u \text{ (kg)} = 4R_u + 1.5(P_3 + P_4) \dots \dots (4.4.72)$

$$v_u = 4 \times 1089.68 + 1.5 \times (388.80 + 1,920) = 7,821.92 \text{ kg}$$

Perímetro de la sección crítica (b_o): $b_o \text{ (m)} = 4(c + d) \dots \dots (4.4.73)$

$$b_o = 4 \times (0.4 + 0.5) = 3.60 \text{ m.}$$

Reacción Neta del suelo (σ_{cl}): $\sigma_{cl} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \frac{v_u}{A_z} \dots \dots (4.4.74)$

$$\sigma_{cl} = 7,821.92 / 6.25 \times 10^4 \text{ cm}^2 = 0.13 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante permisible por punzonamiento (τ_u): $\tau_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \phi \sqrt{f'_c} \dots \dots (4.4.75)$

$$\tau_u = 0.85 \times 210^{1/2} = 12.32 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerza nominal en el perímetro (v_{ul}): $v_{ul} = v_u - \sigma_{cl} \dots \dots (4.4.76)$

$$v_{ul} = 7,821.92 \text{ kg} - 0.15 \text{ kg/cm}^2 \times 100 = 7,809.00 \text{ kg}$$

El peralte (d) asumido será aceptado si $v_u > v_{up}$. El esfuerzo de corte Nominal (v_u) es:

Esfuerzo cortante Nominal en el perímetro (τ_{ul}):

$$\tau_{ul} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \frac{v_{ul}}{b_o * d} \dots \dots (4.4.76)$$

$$\tau_{ul} = 7,809.00 / 3.60 \times 0.50 \times 10^4 = 0.43 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerza última (v_{u2}) $v_{u2}(kg) = \sigma_{c1} * x * a_1 \dots\dots\dots(4.4.77)$

$$v_{u2} = 0.13 \text{ kg/cm}^2 \times 0.55\text{m} \times 2.50\text{m} = 1,787.50 \text{ kg}$$

Esfuerzo cortante ultimo (τ_{u2}): se debe cumplir $\tau_{u2} < \tau_{up}$

Esfuerzo cortante permisible (τ_{up}): $\tau_{up}(kg/cm^2) = 0.50\phi\sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(4.4.78)$

$$\tau_{up} = 0.50 \times 0.85 \times 210^{1/2} = 6.16 \text{ kg/cm}^2$$

$\tau_{u2}(kg/cm^2)$: $\tau_{u2}(kg/cm^2) = \frac{v_{u2}}{c_1 * d} \dots\dots\dots(4.4.79)$

$$\tau_{u2} = 1,787.50 \text{ kg} / 2.50 \times 0.50 \times 10^4 = 0.14 \text{ kg/cm}^2$$

Acero de Refuerzo en la zapata (A_{sz}): se calcula en base al momento

$$M_u(kg-m) = a_1 * y * \sigma_{c1} * 0.25(c_1 - c) \dots\dots\dots(4.4.80)$$

$$Mu = 2.50 \times 1.05 \times 0.15 \times 0.25 \times (2.50 - 0.40) \times 10^4 = 1,791.56 \text{ kg-m}$$

$$A_{sz}(cm^2) = \frac{M_u}{F_s * j * B} \dots\dots\dots(4.4.81)$$

$$A_{sz} = 1,791.56 / (1680 * 0.9 * 1) = 1.18 \text{ cm}^2$$

Acero de Refuerzo Mínimo ($A_{sz,min}$):

$$A_{sz,min} = 0.0017 * c_1 * (h_z - r_1 - 0.0019/2) \dots\dots\dots(4.82)$$

$$A_{sz,min} = 0.0017 \times 2.50 * (0.50 - 0.04 - 0.0019/2) \times 10^4 = 19.51 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se colocará el refuerzo mínimo de una malla en ambas direcciones y espaciamientos iguales.

$$Ao \text{ } \emptyset 5/8'' = 1.59 \text{ cm}^2$$

$$N^\circ \text{ varillas: } 19.51 / 1.59 = 12.27 \approx 12 \text{ } \emptyset 5/8'' @ 0.20$$

Para este caso de cálculos estructurales se observa que los refuerzos de acero para la canaleta, viga superior, columna y zapata son mínimos, por lo tanto no es necesario hacer los cálculos para el control de agrietamiento, más aún si éstos han sido calculados por el método de carga de servicio. Para mayor detalle observar plano N°20, digitalizado en anexos.

4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE BENEFICIO - COSTO

4.6.1. Costos en la situación sin proyecto

4.6.1.1. Costos de operación, mantenimiento y administración

Los gastos de mantenimiento en la situación actual, están constituidos por los costos que representan la mano de obra no calificada, materiales y herramientas requeridas para la descolmatación y limpieza una vez al año durante el periodo (enero-junio), en épocas de altas precipitaciones se produce derrumbes utilizándose más jornales en la descolmatación. Para efectos del estudio se ha realizado costos de operación son cero.

4.6.2. Costos en la situación con proyecto

Para la solución al problema planteado se ha presentado alternativa única complementada con los componentes de infraestructura y capacitación.

4.6.2.1. Alternativa única

“Mejoramiento del Sistema Hidráulico de riego del caserío de Mossa- Distrito Santa Catalina de Mossa- Provincia de Morropón-Piura”

La inversión, se divide en:

- Intangibles:
 - Expediente técnico,
 - Supervisión
 - Capacitación
 - Liquidación
- Tangibles, comprende la infraestructura, construcción de obras de almacenamiento, conducción, obras de arte, distribución y control.

Cuadro N°4.6.1. Valor Referencial de la Alternativa Única

ITEM	DESCRIPCIÓN	MONTO	FACTOR DE CORRECCIÓN	MONTO
		TOTAL A PRECIOS DE MERCADO S/.		TOTAL A PRECIOS SOCIALES S/.
1	INTANGIBLES			
1.1	EXPEDIENTE TECNICO	30,000.00	0.91	49,140.00
1.2	SUPERVISION	20,000.00		
1.3	LIQUIDACIÓN Y CIERRE DEL PROYECTO	4,000.00		
1.4	CAPACITACIÓN	12,000.00	0.85	10,200.00
TOTAL S/.		66,000.00		59,340.00
2	COSTO DIRECTO (CD)			
2.1	OBRAS PROVISIONALES	5,000.00	0.85	841,670.00
2.2	TOMAS DE CAPTACIÓN (08)	20,000.00		
2.3	CANAL DE CONDUCCIÓN (5.00 km)	500,000.00		
2.4	ACUEDUCTO (01)	25,000.00		
2.5	RESERVORIOS (08)	360,000.00		
2.6	TOMAS LATERALES (86)	17,200.00		
2.7	PASES PETONALES (5)	5,000.00		
2.8	OBRAS DE ARTE (10 RAPIDAS + 14 CAIDAS)	48,000.00		
2.9	FLETES	10,000.00		
TOTAL (CD) S/.		990,200.00		841,670.00
3	GASTOS GENERALES (GG) 10%	99,020.00		84,167.00
4	UTILIDAD (08%)	79,216.00		84,167.00
5	SUB TOTAL 1 (ST1=CD + GG+UT)	1,168,436.00		1,010,004.00
6	IMPUESTOS (IGV) 18%	210,318.48		181,800.72
7	TOTAL OBRAS (TO=ST1+IMP)	1,378,754.48		1,191,804.72
TOTAL COSTOS S/.		1,444,754.48		1,251,144.72

Para su conversión a precios sociales se han utilizados los siguientes factores de corrección:

Bienes transables = 0.85

Mano de obra calificada = 0.91

Mano de obra no calificada Sierra = 0.60

4.6.2.2. Costos de Operación y Mantenimiento Con Proyecto

Se ha considerado que los costos de operación y mantenimiento se proyecten a través del horizonte de 10 años, para cada alternativa con los mismos costos de operación y mantenimiento.

Cuadro N°4.6.2. Costos de operación a precios de mercado y sociales

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P. UNIT	C.P. MERCADO	FACTOR DE CORRECCIÓN	C.P. SOCIALES
I.- COSTOS DE OPERACIÓN S/.				6,410.00		5,432.20
A) Costos Directos				1,000.00		847.46
1.- Delegado de canal (operador)	Mes	3.00	300.00	900.00	0.85	762.71
2.- Materiales y equipos	Glb	1.00	100.00	100.00		84.75
B) Costos Indirectos				5,410.00		4,584.75
1.- Secretaria	Mes	12.00	400.00	4,800.00	0.85	4,067.80
4.- Materiales de Oficina, impresiones	Mes	12.00	30.00	360.00		305.08
5.- Otros	Mes	5.00	50.00	250.00		211.86
II.- COSTOS DE MANTENIMIENTO S/.				5,450.00		4,618.64
A) Costos Directos				3,750.00		3,177.97
1.- Limpieza manual de canales	Jr.	100	25.00	2,500.00	0.85	2,118.64
2- Mantenimiento compuertas	Glb	8.00	100.00	800.00		677.97
3- Reparación losas de canal, juntas, etc	Glb	3.00	150.00	450.00		381.36
B) Costos Indirectos				1,700.00		1,440.68
1- Supervisión, control de trabajos	Glb	3.00	300.00	900.00	0.85	762.71
2- Movilidad, Flete y Otros	Glb	2.00	400.00	800.00		677.97
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO S/.				11,860.00		10,050.85

Del cuadro N° 4.5.2., se observa la proyección de los costos de operación mantenimiento total anual a precios mercado asciende S/. 11,860.00 y precios sociales a S/. 10,050.85.

4.6.3. Beneficios Sociales

4.6.3.1. Estimación de beneficios

Para el presente estudio de acuerdo a la demanda-oferta del recurso hídrico se ha determinado que el proyecto tendrá una sola fuente de ingreso, que será la venta agua para riego, la determinación de los ingresos por venta de agua se hará a partir

del cálculo de la tarifa, de manera tal que permita a las comisiones de usuarios cubran como mínimo los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura de riego.

En la situación sin proyecto no se viene realizando la cobranza de la tarifa, llevando a cabo las labores de operación y mantenimiento con el aporte de los usuarios (limpieza del canal).

Por las características establecidas en el estudio, se debe cumplir necesariamente con la siguiente condición:

Condición de sostenibilidad: la tarifa de agua que debe cobrarse a los beneficiarios debe ser de tal forma que la comisión de usuarios, con los ingresos que le correspondan puedan cumplir con los gastos de operación y mantenimiento una vez puesta en funcionamiento la nueva infraestructura.

4.6.3.2. Ingreso por Venta de Agua.

Para el caso en la situación con proyecto se hará el cálculo con la masa de agua que será vendida en el periodo de abril a diciembre, el resto de meses se riega con agua de las precipitaciones pluviales, del cuadro N°4.16., la Demanda hídrica en Situación con Proyecto, proyectada con el número de canales del sistema, obtenemos la masa de agua requerida en el periodo indicado.

Cuadro N°4.6.3. Ingresos proyectados por tarifa de agua

TOTAL DE VOLUMEN DE AGUA (M3)	COSTO TARIFA (M3)	MONTO S/.
2' 373,000.00	0.0050	11, 865.00

Cálculo de la tarifa

A continuación con los datos del proyecto se calcula el valor de la tarifa de agua que permita cubrir como mínimo, los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura.

De acuerdo a los cálculos efectuados se obtuvo un costo por metro cúbico de S/. 0.005 que le corresponde a la Comisión de Usuarios del caserío de Mossa.

Condición de Sostenibilidad

Con el valor anteriormente calculado concluimos que el costo de la tarifa para la alternativa única está al alcance de los usuarios. Es decir la tarifa de agua de equilibrio se adapta a la realidad, no distorsiona los costos de producción de los agricultores; de esta forma se ha cumplido la primera condición de sostenibilidad.

- Para el caso del presente proyecto se hará el cálculo con el monto obtenido por M3, es decir de S/. 0.0050.
- El resumen de los ingresos incrementales se presenta en el Cuadro N° 4.5.4., para la alternativa considerada, con un horizonte de 10 años.

Cuadro N°4.6.4. Cálculo de la tarifa de agua con proyecto

TIEMPO EN AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESO POR VENTA DE AGUA											
1.- M3 vendidos		2,373,000	2,373,000	2,373,000	2,373,000	2,373,000	2,373,000	2,373,000	2,373,000	2,373,000	2,373,000
2.- Tarifa por m3 (6/7)		0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
3.- TOTAL EN VENTA (1x2)		11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00
EGRESO DE LA COMISION DE USUARIOS											
4.- Costos de Operación		6,410.00	6,410.00	6,410.00	6,410.00	6,410.00	6,410.00	6,410.00	6,410.00	6,410.00	6,410.00
5.- Costos de Mantenimiento		5,450.00	5,450.00	5,450.00	5,450.00	5,450.00	5,450.00	5,450.00	5,450.00	5,450.00	5,450.00
6.- TOTAL O y M (4+5)		11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00
FLUJO NETO		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.- FACTOR DE ACTUALIZACION 9 %		0.917	0.842	0.772	0.708	0.650	0.596	0.547	0.502	0.460	0.422
VALOR ACTUAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: El valor de la tarifa vigente es "cero", actualmente no se cobra.

Siendo: $Fa = 1/(1+i)^t$, factor de actualización.

Dónde: $i = 0.09$, t = orden del año a analizar

4.6.4. Ingreso por productividad de los cultivos.

4.6.4.1. Rendimientos y precios en chacra

Los rendimientos y precios en chacra presentados en el **cuadro N°4.5.5.**, son semejantes a la zona de estudio, por tanto se realizó cálculos en base a los promedios.

Cuadro N°4.6.5. Rendimientos y precios en chacra de los cultivos

Años	Rendimiento de arveja grano seco kg/ha.	Precio en chacra en grano seco S/. / kg	Rendimiento de frijol blanco grano seco kg/ha.	Precio en chacra en grano seco S/. / kg	Rendimiento de café kg/ha.	Precio en chacra del café S/. / kg	Rendimiento de plátano kg/ha.	precio en chacra del plátano S/. / kg
1999	636	1.19	672	1.26	574	3.87	15,917.00	0.37
2000	646	1.06	686	1.11	491	2.93	23,606.00	0.33
2001	740	0.84	731	1.16	283	3.00	19,411.00	0.25
2002	724	1.12	933	1.25	238	2.45	-	0.23
2003	752	1.17	791	1.15	512	2.73	-	0.37
2004	709	1.18	776	1.43	456	3.41	17,041.00	0.39
2005	733	1.5	862	1.87	301	3.52	16,849.00	0.45
2006	753	1.41	802	1.74	373	4.03	21,224.00	0.54
2007	642	1.31	918	1.62	407	4.27	22,205.00	0.53
2008	629	1.7	746	1.98	426	4.74	20,805.00	0.6
Promedio	696.4	1.25	791.7	1.46	406.1	3.50	19,632.25	0.41

Fuente: MINAG, "Producción agrícola" (1998-2008), Compendio estadístico agrícola (1999-2008) - Dirección de estadística- MINAG

Para el caso del pasto y la caña de azúcar se realizó una entrevista a los agricultores de la zona para encontrar valores estimados acordes a su realidad de sus siembras:

Cuadro N°4.6.6. Producción de pasto estimada con los agricultores de la zona

Pastos:			
Sl: 1.0 has. Pasto dura 1 mes para 05 reses			
Al día 2 mudadas con sogas (Rs=7m) =	153.93 m2	→	12 kg
c/res come 12 kg pasto/día			
en 01 has =	10,000.00 m2	→	779.56 kg
Precio en chacra S/.	0.30		

Para la estimación se a tomado la relación del área que consume 1 res al día (02 mudas), con una sogas de 7 m de radio, y el consumo promedio al día. Obteniendo un rendimiento de 779.56 kg / ha de pasto.

Cuadro N°4.6.7. Producción de caña de azúcar estimada con los agricultores de la zona.

Caña de Azúcar	
Ao de siembra /planta de caña (1x0.35 m2) =	0.35
C/semilla pesa (kg)	0.3
1 has (m2)	10,000.00
TOTAL DE PLANTAS =	3,500.00
TOTAL DE SEMILLA EN kg =	1,050.00
En la cosecha	
Cant. De semilla producida/planta	6
peso de la caña (kg)/planta	1.8
Total de producción por kg/ ha. =	6,300.00
Precio en Chacra S/.	2.20

En el caso de la caña, se ha tomado como referencia el distanciamiento del cultivo que tiene en sus chacras, y el peso semilla (pequeño tallo).

4.6.4.2. Valorización de la Producción Agrícola sin proyecto

En el siguiente cuadro, se presentan un resumen de los costos sin proyecto los costos por hectárea para los cultivos propuestos, en la situación sin proyecto, datos que han sido obtenidos mediante entrevista directa a los agricultores, la información de la Dirección Regional de Agricultura y de la Junta de Usuarios.

Cuadro N°4.6.8. Costos de producción a precios de mercado y precios sociales

CULTIVO	Area (has.) sembrada S/P	Area (has.) sembrada C/P	RENDIMIENTO Kg/ha	COSTOS / ha Precios privados S/.	Precios en chacra S/ / kg	COSTOS / has precios sociales S/.	% destinado al mercado
Pastos	99.00	84.00	780	650.00	0.30	552.50	100%
Caña de azúcar	48.00	48.00	6,300.00	2,107.30	2.20	1,791.21	70%
Café	10.00	63.00	406.10	2,780.00	3.50	2,363.00	60%
Plátano	5.00	15.00	19,632.25	1,594.14	0.41	1,355.02	50%
Frejol	8.00	10.00	791.70	900.00	1.46	765.00	50%
Arveja	5.00	10.00	696.40	900.00	1.25	765.00	50%
TOTAL (has.)	175.00	230.00					

➤ Valor Bruto de la Producción (VBP)

El valor bruto de la producción se obtiene de la siguiente manera:

$VBP = N^{\circ} \text{ de has.} \times \text{Rendimiento por hectárea} \times \text{Precio de cultivo} \times \% \text{ que se destina al mercado.}$

El valor neto de la producción: $VBP - \text{Costo de producción}$

Cuadro N° 4.6.9. Valor de la producción a precios de mercado sin proyecto

CONCEPTO	PROGRAMACION ANUAL									
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
N° DE HECTAREAS	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Pastos	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Caña de azucar	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Café	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Plátano	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Frejol	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Arveja	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
COSTO S/. POR HAS										
Pastos	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
Caña de azucar	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30
Café	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00
Plátano	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14
Frejol	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
Arveja	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
RENDIMIENTO (KG/Ha)										
Pastos	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
Caña de azucar	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00	10,500.00
Café	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10
Plátano	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25
Frejol	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70
Arveja	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40
PRECIO EN CHACRA (S/. Ha)										
Pastos	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Caña de azucar	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Café	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Plátano	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Frejol	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
Arveja	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
PORCENT. DE DESTINO AL MERCADO (%)										
Pastos	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Caña de azucar	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Café	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Plátano	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Frejol	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Arveja	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
VALOR BRUTO PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	12,548.25	12,548.25	12,548.25	12,548.25	12,548.25	12,548.25	12,548.25	12,548.25	12,548.25	12,548.25
Caña de azúcar	10,659.45	10,659.45	10,659.45	10,659.45	10,659.45	10,659.45	10,659.45	10,659.45	10,659.45	10,659.45
Café	35,562.18	35,562.18	35,562.18	35,562.18	35,562.18	35,562.18	35,562.18	35,562.18	35,562.18	35,562.18
Plátano	32,078.97	32,078.97	32,078.97	32,078.97	32,078.97	32,078.97	32,078.97	32,078.97	32,078.97	32,078.97
Frejol	4,161.18	4,161.18	4,161.18	4,161.18	4,161.18	4,161.18	4,161.18	4,161.18	4,161.18	4,161.18
Arveja	1,958.63	1,958.63	1,958.63	1,958.63	1,958.63	1,958.63	1,958.63	1,958.63	1,958.63	1,958.63
TOTAL VBP	96,968.64	96,968.64	96,968.64	96,968.64	96,968.64	96,968.64	96,968.64	96,968.64	96,968.64	96,968.64
COSTO DE PRODUCCIÓN EN MILES DE SOLES										
Pastos	64.35	64.35	64.35	64.35	64.35	64.35	64.35	64.35	64.35	64.35
Caña de azucar	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15
Café	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80
Plátano	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97
Frejol	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
Arveja	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
TOTAL COSTO PRODUCCIÓN	212.97	212.97	212.97	212.97	212.97	212.97	212.97	212.97	212.97	212.97
VALOR NETO DE LA PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	12,483.90	12,483.90	12,483.90	12,483.90	12,483.90	12,483.90	12,483.90	12,483.90	12,483.90	12,483.90
Caña de azúcar	10,558.30	10,558.30	10,558.30	10,558.30	10,558.30	10,558.30	10,558.30	10,558.30	10,558.30	10,558.30
Café	35,534.38	35,534.38	35,534.38	35,534.38	35,534.38	35,534.38	35,534.38	35,534.38	35,534.38	35,534.38
Plátano	32,071.00	32,071.00	32,071.00	32,071.00	32,071.00	32,071.00	32,071.00	32,071.00	32,071.00	32,071.00
Frejol	4,153.98	4,153.98	4,153.98	4,153.98	4,153.98	4,153.98	4,153.98	4,153.98	4,153.98	4,153.98
Arveja	1,954.13	1,954.13	1,954.13	1,954.13	1,954.13	1,954.13	1,954.13	1,954.13	1,954.13	1,954.13
TOTAL	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67

Cuadro N° 4.6.10. Valor de la producción a precios sociales sin proyecto

CONCEPTO	PROGRAMACION ANUAL									
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
N° DE HECTAREAS	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Pastos	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Caña de azucar	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Café	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Platano	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Frejol	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Arveja	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
COSTO S/. POR HAS										
Pastos	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50
Caña de azucar	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21
Café	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02
Platano	1,870.00	1,870.00	1,870.00	1,870.00	1,870.00	1,870.00	1,870.00	1,870.00	1,870.00	1,870.00
Frejol	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00
Arveja	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00
RENDIMIENTO (KG/Ha)										
Pastos	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
Caña de azucar	10,500.00	10,500.0	10,500.0	10,500.0	10,500.0	10,500.0	10,500.0	10,500.0	10,500.0	10,500.0
Café	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10	406.10
Platano	19,632.25	19,632.2	19,632.2	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25	19,632.25
Frejol	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70	791.70
Arveja	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40	696.40
PRECIO EN CHACRA (S/. Ha)										
Pastos	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Caña de azucar	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Café	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Platano	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Frejol	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
Arveja	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
PORCENT. DE DESTINO AL MERCADO (%)										
Pastos	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Caña de azucar	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Café	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Platano	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Frejol	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Arveja	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
VALOR BRUTO PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	10,666.01	10,666.01	10,666.01	10,666.01	10,666.01	10,666.01	10,666.01	10,666.01	10,666.01	10,666.01
Caña de azucar	9,060.53	9,060.53	9,060.53	9,060.53	9,060.53	9,060.53	9,060.53	9,060.53	9,060.53	9,060.53
Café	17,333.61	17,333.6	17,333.6	17,333.6	17,333.6	17,333.6	17,333.6	17,333.6	17,333.6	17,333.6
Platano	37,630.12	37,630.1	37,630.1	37,630.1	37,630.1	37,630.1	37,630.1	37,630.1	37,630.1	37,630.1
Frejol	3,537.00	3,537.00	3,537.00	3,537.00	3,537.00	3,537.00	3,537.00	3,537.00	3,537.00	3,537.00
Arveja	1,664.83	1,664.83	1,664.83	1,664.83	1,664.83	1,664.83	1,664.83	1,664.83	1,664.83	1,664.83
TOTAL VBP	79,892.10	79,892.1	79,892.1	79,892.1	79,892.1	79,892.1	79,892.1	79,892.1	79,892.1	79,892.1
COSTO DE PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	54.70	54.70	54.70	54.70	54.70	54.70	54.70	54.70	54.70	54.70
Caña de azucar	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98
Café	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55
Platano	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35
Frejol	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12
Arveja	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83
TOTAL COSTO PRODUCCION	173.52	173.52	173.52	173.52	173.52	173.52	173.52	173.52	173.52	173.52
VALOR NETO DE LA PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	10,611.32	10,611.32	10,611.32	10,611.32	10,611.32	10,611.32	10,611.32	10,611.32	10,611.32	10,611.32
Caña de azucar	8,974.55	8,974.55	8,974.55	8,974.55	8,974.55	8,974.55	8,974.55	8,974.55	8,974.55	8,974.55
Café	17,320.06	17,320.06	17,320.06	17,320.06	17,320.06	17,320.06	17,320.06	17,320.06	17,320.06	17,320.06
Platano	37,620.77	37,620.77	37,620.77	37,620.77	37,620.77	37,620.77	37,620.77	37,620.77	37,620.77	37,620.77
Frejol	3,530.88	3,530.88	3,530.88	3,530.88	3,530.88	3,530.88	3,530.88	3,530.88	3,530.88	3,530.88
Arveja	1,661.01	1,661.01	1,661.01	1,661.01	1,661.01	1,661.01	1,661.01	1,661.01	1,661.01	1,661.01
TOTAL	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58

4.6.4.3. Valorización de la Producción Agrícola con proyecto

Cuadro N° 4.6.11. Valor de la producción a precios de mercado con proyecto

CONCEPTO	PROGRAMACION ANUAL									
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
N° DE HECTAREAS	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
Pastos	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
Caña de azucar	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Café	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Platano	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Frejol	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Arveja	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
COSTO S/. POR HAS										
Pastos	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
Caña de azucar	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30	2,107.30
Café	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00	2,780.00
Platano	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14	1,594.14
Frejol	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
Arveja	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
RENDIMIENTO (KG/Ha)										
Pastos	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50
Caña de azucar	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00
Café	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02
Platano	22,577.09	22,577.09	22,577.09	22,577.09	22,577.09	22,577.09	22,577.09	22,577.09	22,577.09	22,577.09
Frejol	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46
Arveja	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86
PRECIO EN CHACRA (S/. Ha)										
Pastos	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Caña de azucar	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Café	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Platano	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Frejol	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
Arveja	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
PORCENT. DE DESTINO AL MERCADO (%)										
Pastos	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Caña de azucar	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Café	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Platano	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Frejol	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Arveja	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
VALOR BRUTO PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	12,244.05	12,244.05	12,244.05	12,244.05	12,244.05	12,244.05	12,244.05	12,244.05	12,244.05	12,244.05
Caña de azucar	15,322.96	15,322.96	15,322.96	15,322.96	15,322.96	15,322.96	15,322.96	15,322.96	15,322.96	15,322.96
Café	257,647.9	257,647.9	257,647.9	257,647.9	257,647.9	257,647.9	257,647.9	257,647.9	257,647.9	257,647.9
Platano	110,672.4	110,672.4	110,672.4	110,672.4	110,672.4	110,672.4	110,672.4	110,672.4	110,672.4	110,672.4
Frejol	5,981.69	5,981.69	5,981.69	5,981.69	5,981.69	5,981.69	5,981.69	5,981.69	5,981.69	5,981.69
Arveja	4,504.84	4,504.84	4,504.84	4,504.84	4,504.84	4,504.84	4,504.84	4,504.84	4,504.84	4,504.84
TOTAL VBP	406,373.95	406,373.95	406,373.95	406,373.95	406,373.95	406,373.95	406,373.95	406,373.95	406,373.95	406,373.95
COSTO DE PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60
Caña de azucar	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15	101.15
Café	175.14	175.14	175.14	175.14	175.14	175.14	175.14	175.14	175.14	175.14
Platano	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91
Frejol	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Arveja	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
TOTAL COSTO PRODUCCION	372.80	372.80	372.80	372.80	372.80	372.80	372.80	372.80	372.80	372.80
VALOR NETO DE LA PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	12,189.45	12,189.45	12,189.45	12,189.45	12,189.45	12,189.45	12,189.45	12,189.45	12,189.45	12,189.45
Caña de azucar	15,221.81	15,221.81	15,221.81	15,221.81	15,221.81	15,221.81	15,221.81	15,221.81	15,221.81	15,221.81
Café	257,472.8	257,472.8	257,472.8	257,472.8	257,472.8	257,472.8	257,472.8	257,472.8	257,472.8	257,472.8
Platano	110,648.5	110,648.5	110,648.5	110,648.5	110,648.5	110,648.5	110,648.5	110,648.5	110,648.5	110,648.5
Frejol	5,972.69	5,972.69	5,972.69	5,972.69	5,972.69	5,972.69	5,972.69	5,972.69	5,972.69	5,972.69
Arveja	4,495.84	4,495.84	4,495.84	4,495.84	4,495.84	4,495.84	4,495.84	4,495.84	4,495.84	4,495.84
TOTAL	406,001.1	406,001.1	406,001.1	406,001.1	406,001.1	406,001.1	406,001.1	406,001.1	406,001.1	406,001.1

Cuadro N° 4.6.12. Valor de la producción a precios sociales con proyecto

CONCEPTO	PROGRAMACION ANUAL									
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
N° DE HECTAREAS	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
Pastos	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
Caña de azúcar	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Café	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Platano	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Frejol	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Arveja	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
COSTO S/. POR HAS										
Pastos	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50	552.50
Caña de azúcar	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21	1,791.21
Café	2,363.00	2,363.00	2,363.00	2,363.00	2,363.00	2,363.00	2,363.00	2,363.00	2,363.00	2,363.00
Platano	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02	1,355.02
Frejol	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00
Arveja	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00	765.00
RENDIMIENTO (KG/Ha)										
Pastos	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50	747.50
Caña de azúcar	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00	12,075.00
Café	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02	467.02
Platano	22,577.0	22,577.0	22,577.0	22,577.0	22,577.0	22,577.0	22,577.0	22,577.0	22,577.0	22,577.0
Frejol	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46	910.46
Arveja	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86	800.86
PRECIO EN CHACRA (S/. HA)										
Pastos	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Caña de azúcar	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Café	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Platano	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Frejol	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
Arveja	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
PORCENT. DE DESTINO AL MERCADO (%)										
Pastos	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Caña de azúcar	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Café	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Plátano	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Frejol	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Arveja	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
VALOR BRUTO PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	10,407.44	10,407.44	10,407.44	10,407.44	10,407.44	10,407.44	10,407.44	10,407.44	10,407.44	10,407.44
Caña de azúcar	13,024.51	13,024.51	13,024.51	13,024.51	13,024.51	13,024.51	13,024.51	13,024.51	13,024.51	13,024.51
Café	219,000.7	219,000.7	219,000.7	219,000.7	219,000.7	219,000.7	219,000.7	219,000.7	219,000.7	219,000.7
Plátano	94,071.58	94,071.58	94,071.58	94,071.58	94,071.58	94,071.58	94,071.58	94,071.58	94,071.58	94,071.58
Frejol	5,084.44	5,084.44	5,084.44	5,084.44	5,084.44	5,084.44	5,084.44	5,084.44	5,084.44	5,084.44
Arveja	3,829.11	3,829.11	3,829.11	3,829.11	3,829.11	3,829.11	3,829.11	3,829.11	3,829.11	3,829.11
TOTAL VBP	345,417.8	345,417.8	345,417.8	345,417.8	345,417.8	345,417.8	345,417.8	345,417.8	345,417.8	345,417.8
COSTO DE PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41
Caña de azúcar	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98	85.98
Café	148.87	148.87	148.87	148.87	148.87	148.87	148.87	148.87	148.87	148.87
Plátano	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33	20.33
Frejol	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65
Arveja	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65
TOTAL COSTO PRODUCCION	316.88	316.88	316.88	316.88	316.88	316.88	316.88	316.88	316.88	316.88
VALOR NETO DE LA PRODUCCION EN MILES DE SOLES										
Pastos	10,361.03	10,361.03	10,361.03	10,361.03	10,361.03	10,361.03	10,361.03	10,361.03	10,361.03	10,361.03
Caña de azúcar	12,938.54	12,938.54	12,938.54	12,938.54	12,938.54	12,938.54	12,938.54	12,938.54	12,938.54	12,938.54
Café	218,851.9	218,851.9	218,851.9	218,851.9	218,851.9	218,851.9	218,851.9	218,851.9	218,851.9	218,851.9
Platano	94,051.25	94,051.25	94,051.25	94,051.25	94,051.25	94,051.25	94,051.25	94,051.25	94,051.25	94,051.25
Frejol	5,076.79	5,076.79	5,076.79	5,076.79	5,076.79	5,076.79	5,076.79	5,076.79	5,076.79	5,076.79
Arveja	3,821.46	3,821.46	3,821.46	3,821.46	3,821.46	3,821.46	3,821.46	3,821.46	3,821.46	3,821.46
TOTAL	345,100.9	345,100.9	345,100.9	345,100.9	345,100.9	345,100.9	345,100.9	345,100.9	345,100.9	345,100.9

En este caso en la situación con proyecto de los cuadros 4.5.11 y 4.5.12 se han considerado los mismos costos de producción, que sin proyecto porque el nivel tecnológico utilizado por los agricultores es baja y medio, y por los bajos recursos económicos no están dispuestos en invertir en mejora tecnológica; pero si participar en temas de capacitación en mejora de técnicas de siembra de cultivos y de riego.

Para los rendimientos en la situación con proyecto, se está considerando un incremento prudente del debido a que los cultivos han sido afectados por el stress hídrico.

4.6.5. Evaluación económica del estudio

a) Evaluación Privada

La evaluación privada consiste en el análisis de las ventajas y desventajas de llevar a cabo el proyecto, para cada uno de los agentes que intervienen en esta evaluación es necesario utilizar la metodología costo - beneficio. El flujo de caja de la evaluación privada, a los beneficios como los costos, debe estar expresado en precios privados. Los indicadores de la metodología costo beneficio serán el VAN.

Comisión de Usuarios del caserío

El valor del aporte de la Comisión de Usuarios constituye los egresos por la operación y mantenimiento del sistema.

En el análisis del flujo de caja de los beneficiarios se considera el valor de la producción, así como los ingresos netos, lo que realmente ingresa a la comisión de regantes, por cobranza de tarifa de agua.

Evaluación privada

En los siguientes cuadros, se ha realizado la evaluación, se verifica el cálculo del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio/Costo (B/C), a precios privados.

b) Evaluación social

A diferencia de la evaluación privada donde se analizó por separado a las entidades participantes del proyecto, en la evaluación social no tiene sentido hacer una evaluación por separado, puesto que se busca medir el aporte conjunto de todas las entidades participantes involucradas en el proyecto hacia la sociedad en general. La evaluación social del proyecto se realiza mediante la metodología Costo - Beneficio y los indicadores VAN y TIR.

Del cuadro 4.5.12 y 4.5.13, nos dan como resultado la rentabilidad y viabilidad del estudio, siendo el $B/C = 1.98$ a precios de mercado y 1.96 a precios sociales, además también se hizo el análisis sin considerar el valor por tarifa de agua, debido a la morosidad de los usuarios obteniendo también una rentabilidad positiva.

Cuadro N°4.6.13. Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno a precios de mercado

RUBRO		PROGRAMACIÓN ANUAL										
		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
1.- Ingresos por agua (S/.)	355,950.00	0	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00
Venta de agua para riego con proyecto			35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00	35,595.00
-Venta de agua para riego sin proyecto			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.-Incremento en el Valor neto de la Producción. (S/.)	3,092,463.00	0	309,246.30	309,246.30	309,246.30	309,246.30	309,246.30	309,246.30	309,246.30	309,246.30	309,246.30	309,246.30
Valor neto de la producción con proyecto. P.P			406,001.97	406,001.97	406,001.97	406,001.97	406,001.97	406,001.97	406,001.97	406,001.97	406,001.97	406,001.97
Valor neto de la producción sin proyecto. P.P			96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67	96,755.67
3.- Costo total Proyecto. (S/.)	1,563,354.48	1,444,754.48	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00
Costos de Inversión.		1,444,754.48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intangibles		66,000.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión fija		1,378,754.48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos de operación y mantenimiento		0	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00
Con proyecto			11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00	11,860.00
Sin proyecto			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo Neto (1+2-3)		-1,444,754.48	332,981.30	332,981.30	332,981.30	332,981.30	332,981.30	332,981.30	332,981.30	332,981.30	332,981.30	332,981.30
F.A. (9%)		1.00	0.92	0.84	0.77	0.71	0.71	0.60	0.55	0.50	0.46	0.42
VAN	S/. 692,206	-1,444,754.48	305,487.43	280,263.70	257,122.66	235,892.35	235,892.35	198,545.87	182,152.17	167,112.09	153,313.84	140,654.90
TIR	19.0%											
RATIO B/C	2.21											
SIN CONSIDERAR EL VALOR DE VENTA DE AGUA												
Flujo Neto (2-3)		-1,444,754.48	297,386.30	297,386.30	297,386.30	297,386.30	297,386.30	297,386.30	297,386.30	297,386.30	297,386.30	297,386.30
F.A. (9%)		1.00	0.92	0.84	0.77	0.71	0.71	0.60	0.55	0.50	0.46	0.42
VAN	S/. 463,769	-1,444,754.48	272,831.47	250,304.10	229,636.79	210,675.95	210,675.95	177,321.73	162,680.49	149,248.16	136,924.91	125,619.19
TIR	15.9%											
RATIO B/C	1.98											

Después del análisis del cuadro N°4.5.13, se concluye que el estudio es rentable a precios de mercado o privados.

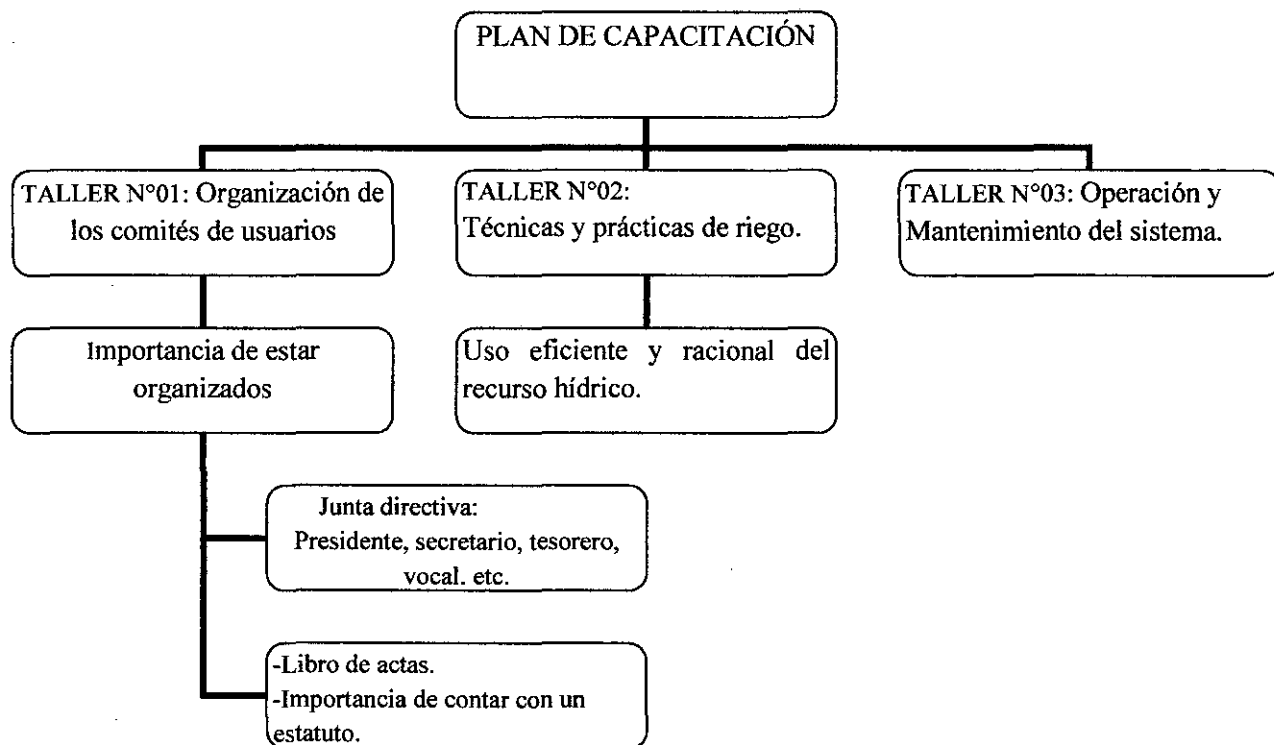
Cuadro N°4.6.14. Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno a precios sociales

RUBRO	VAN	PROGRAMACIÓN ANUAL										
	TIR	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
1.- Ingresos por agua (S/.)	302,557.50	0	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75
Venta de agua para riego con proyecto			30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75	30,255.75
Venta de agua para riego sin proyecto			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.-Incremento en el Valor Neto de la Producción.	2,653,823.90	0	265,382.39	265,382.39	265,382.39	265,382.39	265,382.39	265,382.39	265,382.39	265,382.39	265,382.39	265,382.39
Valor neto de la producción con proyecto. P.S			345,100.97	345,100.97	345,100.97	345,100.97	345,100.97	345,100.97	345,100.97	345,100.97	345,100.97	345,100.97
Valor neto de la producción sin proyecto. P.S			79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58	79,718.58
3.- Costo total del estudio. (S/.)	1,351,653.19	1,251,144.72	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85
Costos de Inversión.		1,251,144.72										
Intangibles		59,340.00										
Inversión fija		1,191,804.72										
Costos de operación y mantenimiento		0	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85
Con proyecto			10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85	10,050.85
Sin proyecto			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flujo Neto (1+2-3)		-1,251,145	285,587.29	285,587.29	285,587.29	285,587.29	285,587.29	285,587.29	285,587.29	285,587.29	285,587.29	285,587.29
F.A. (9%)		1.000	0.92	0.84	0.77	0.71	0.71	0.60	0.55	0.50	0.46	0.42
VAN	S/. 581,656	-1,251,145	262,006.69	240,373.11	220,525.79	202,317.24	202,317.24	170,286.37	156,226.03	143,326.63	131,492.32	120,635.16
TIR	18.7%											
RATIO B/C	2.19											
SIN CONSIDERAR EL VALOR DE VENTA DE AGUA												
Flujo Neto (2-3)		-1,251,144.72	255,331.54	255,331.54	255,331.54	255,331.54	255,331.54	255,331.54	255,331.54	255,331.54	255,331.54	255,331.54
F.A. (9%)		1.00	0.92	0.84	0.77	0.71	0.71	0.60	0.55	0.50	0.46	0.42
VAN	S/. 387,486	1,251,144.72	234,249.12	214,907.45	197,162.80	180,883.30	180,883.30	152,245.86	139,675.10	128,142.29	117,561.74	107,854.80
TIR	15.6%											
RATIO B/C	1.96											

Después del análisis del cuadro N°4.5.14, se concluye que el estudio sigue siendo rentable a precios sociales.

4.7. DESARROLLO DEL PLAN DE CAPACITACIÓN

- Dentro del marco del presente estudio, uno de los ejes principales es de organizar a los comités de usuarios para el buen funcionamiento, administración y uso del recurso hídrico por medio de talleres de capacitación. Por tanto se han realizado 08 talleres de capacitación en local comunal del caserío de Mossa. (Ver anexo N°8.6).
- Materiales utilizados:
 - Laptop y cañón multimedia: con este equipo se proyectó los talleres participativos y formativos de carácter técnico para los comités de usuarios.
 - Cámara fotográfica,
 - Formatos de recopilación de información (fichas para canales, etc.).
 - Materiales: papelotes, plumones, lapiceros, ficha de asistencia, cinta masking, etc.
- De acuerdo a la experiencia vivida con los 07 comités de usuarios, se ha logrado fortalecer su organización, debido a que actualmente cuentan con un padrón de usuarios actualizado, un libro de actas que les ayudara a tomar notas de los acuerdos que realicen en sus asambleas posteriores y de la importancia de contar con un estatutos, que es su reglamento interno dentro de la organización.
- Además se han realizado talleres técnicos en temas como: prácticas de riego, Operación y mantenimiento del sistema hidráulico.
- A continuación se presenta un esquema del desarrollo de los talleres.



Descripción del Plan de Capacitación

1. Taller: Organización de los comités de usuarios.

- En esta etapa se trabajó con los usuarios sobre la importancia de estar organizados. Con preguntas básicas: ¿qué es una organización?, ¿para que nos organizamos? y ¿cuáles son sus ventajas?.
- Se hizo referencia sobre la Ley de Recursos Hídricos N°29338, y sobre la Autoridad Nacional del agua como ente rector que rige y administra el recurso hídrico a nivel Nacional.
- También se mencionó que dentro de cada organización (comité de usuarios) existen 02 órganos de gobierno que son:
 - a) La Asamblea General.
 - b) La Junta Directiva del comité de usuarios.
- Otro punto importante que se desarrollo fue sobre los deberes y derechos de los miembros del comité de usuarios de cada canal. Y de la importancia de contar con un libro de actas para

tomar nota de todos los acuerdos de las asambleas del comité; además de contar con un estatuto, herramienta importante para el buen funcionamiento de la organización y de tener un padrón de usuarios actualizado.

2. Taller: Técnicas y prácticas de riego.

- En esta parte de capacito a los comités de usuarios en los dos tipos de riego: por gravedad y sistema de riego tecnificado.
 - a). Riego por gravedad: por surcos y por inundación
 - b). Sistema de riego tecnificado: por goteo y por aspersión.
- Además se hizo incidencia en el cambio del tipo de riego del convencional (gravedad) al tecnificado con el fin de aprovechar mejor el recurso hídrico. También de aprovechar las condiciones climáticas para cultivos rentables y de exportación como el café.

3. Taller: Operación y Mantenimiento del Sistema.

- Con el mejoramiento de la infraestructura de riego se capacito en cómo debe operarse el sistema (operar compuertas y distribución del agua por turnos), y de quienes serán los responsables del manejo (presidente de comité y/o delegado de canal). Además del mantenimiento periódico que debe tener el sistema.

Cuadro N°4.7.1. Resumen de resultados de los talleres de capacitación

Canal	Presidente de Junta directiva de cada Comité de usuarios	DNI	Cuenta con libro actas	Padrón de usuarios actualizado	N° de usuarios	Long. Canal Km	Ha. a irrigar		Cultivos principales
							S.P	C.P	
La Aravisca	Efraín Rojas Domínguez	03365830	Si	Si	20	0.897	30	35	Pastos, caña de azúcar y café
El Puente	Fidel Morales López	03343700	Si	Si	40	1.388	45	50	Pastos, caña de azúcar, plátano y café
Los García	Leandro Zurita Córdova	03342735	Si	Si	45	0.933	32	55	Café, caña de azúcar, pastos y plátano
El Granadillo-Nogal	Hernán Urías Román Saavedra.	03327752	Si	Si	17	0.629	20	26	Pastos, frejol, caña de azúcar y café
El Trapiche	Enrique Morales Castillo	03343592	Si	Si	16	0.771	20	26	Caña de azúcar, pastos, frejol, café
La Laja	Pedro Pablo Sandoval Ruiz	43805066	Si	Si	15	0.642	20	25	Pastos, arveja y café
El Limo	Francisco Morales Castillo	03374146	Si	Si	15	0.154	8	13	Pastos, caña de azúcar y café
TOTAL					168	5.414	175	230	

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Después de la elaboración del presente estudio se concluye:

- 1.- Encontrando el cálculo de precipitación del área de estudio, nos permitió, verificar la cantidad de agua disponible en épocas de avenidas: $PP_{max.} = 555.30 \text{ mm}$, $PP_{min.} = 3.7 \text{ mm}$.
- 2.- Con los resultados del balance hídrico sin proyecto se pudo determinar que la demanda de agua es 0.667 MMC anuales, es mayor que la oferta con 0.417 MMC anuales, debido a las pérdidas por infiltración, evapotranspiración, por tanto existe un déficit de agua debido a que los cultivos solo tienen agua en época de avenidas (enero – marzo), luego en los meses próximos se produce una escasez de agua, perdiéndose áreas de cultivos, y baja producción de los cultivos. En el caso del balance hídrico con proyecto obtenemos que la demanda de agua es 0.339 MMC anuales es menor que la oferta con 0.742 MMC anuales, es decir más del 50% de agua que la demanda, entonces el recurso hídrico está asegurado cumpliendo con las necesidades de los cultivos, por lo tanto se tiene un superávit de agua suficiente para proyectar la frontera agrícola.
- 3.- Los cálculos hidráulicos y estructurales, nos permitieron proyectar el dimensionamiento adecuado para las obras de arte como: 10 rápidas, 14 caídas y 01 acueducto, la de conducción (canal: 5.416 km), y de almacenamiento (08 reservorios), de distribución (86 tomas parcelarias y 10 pases peatonales).
- 4.- El resultado del estudio de mecánica de suelos nos indica que, nuestra de área a mejorar, tiene terrenos de buena estabilidad, debido a la textura que presenta en arena-limosas y areno-arcillosas, por lo que no es probable que ocurran fenómenos de licuación de arenas ante un sismo de gran magnitud.
- 5.- Del resultado de las muestras del estudio Físico- Químico de las fuentes hídricas de los canales se concluye que estas aguas son de buena calidad para riego, entonces podemos decir que no solo tendremos agua en cantidad, sino también en calidad.

- 6.- Con la ejecución del proyecto se podrá ampliar la frontera agrícola de 175 ha a 230 ha con cultivos rentables y de exportación como el café.
- 7.- Con el análisis de los indicadores económicos Beneficio-Costo, VAN y el TIR nos indican que el proyecto es rentable debido a los resultados del B/C: 2.21 a precios de mercado y el B/C: 2.19 a precios sociales. En el caso del VAN es S/. 692,206.00 a precios de mercado y a precios sociales el VAN es S/. 581.656.00; siendo el TIR: 19% a precios de mercado y a precios sociales el TIR es 18.7%.
- 8.- Los comités de usuarios están organizados ya que ahora cuentan con padrón de usuarios actualizado, Junta directiva conformada con libro de actas y estatutos. (Ver anexo constancia de capacitación).
- 9.- Luego de los talleres de capacitación técnica a los usuarios en fortalecimiento de sus organizaciones, operación y mantenimiento del sistema hidráulico y prácticas de riego y manejo racional del recurso hídrico, los beneficiarios (168) están en la capacidad de gestionar apoyos técnicos para mejorar las condiciones de su infraestructura de riego en las entidades locales como la Municipalidad Distrital Santa Catalina de Mossa, Autoridad Local de agua en Chulucanas, etc.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- 1.- En la zona de estudio se debe realizar la evaluación previa de canteras (el polvazal, río la gallega) o canteras aledañas para verificar la calidad de los materiales, además se debe aprovechar el acceso que existe en la zona, y la disponibilidad de los usuarios de cooperar en la construcción de la infraestructura de riego.
- 2.- Para disminuir la posibilidad de grietas, o roturas por asentamientos del sub-suelo se recomienda mejorar la cimentación con material compactado, de acuerdo al resultado del estudio de mecánica de suelos.
- 3.- Como ejercicio práctico y técnico se debe recalcular la comprobación de los diseños de canales y obras de arte, con el fin de interpretar los criterios asumidos por el diseñador y tenerlos presente al momento de la construcción cuando se necesite proponer alguna modificación para optimizar la construcción y costos.
- 4.- Se recomienda el cambio del tipo de riego, del convencional (por gravedad), al riego presurizado: por goteo en cultivos como café, plátanos, caña y frejol, y en el caso de riego por aspersión cultivos como pastos y forrajes. y con cultivos rentables (para su exportación como el café), ya que con este tipo de tecnología se puede aprovechar mejor y racionalmente el agua en épocas de sequía.
- 5.- Buscar fuentes de financiamiento para ejecutar el estudio, en entidades como el Ministerio de Agricultura y Riego, Gobierno Regional Piura, Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI), Agro – Rural, etc.
- 6.- Con la ejecución del proyecto deben realizarse paralelamente los talleres de Capacitación técnica para los comités de usuarios en temas como: a) Operación mantenimiento del sistema de riego, b) Practicas agronómicas y de riego, c) Fortalecimiento organizacional.
- 7.- Para cualquier tipo de proyecto, se debe reunir con la población beneficiaria para escucharles y buscar las mejores alternativas de solución y con talleres de capacitación de manera periódica con enfoque de género.
- 8.- Se recomienda la ejecución del presente proyecto debido a que es económicamente factible y rentable además por ser de gran importancia para la población del caserío de Mossa.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Autoridad Nacional del Agua. (2010). Manual: *“Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico”*. Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales. Lima – Perú.
- 2.- Bermejo R. W. (2012). *“Plan de Acción Zonal Paltashaco 2012-2016, Distrito Santa Catalina de Mossa”*. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA), Ayuntamiento EIBAR y EGOAIZIA.
- 3.- Blair F. E. (1957). *“Manual de Riegos y Avenamientos”*. Proyecto 39, Programa de Cooperación técnica. Lima – Perú.
- 4.- Bureau of Reclamation. (2007). *Diseño de pequeñas presas*. Madrid- España: Editorial. BELLISCO. Ediciones técnicas y científicas.
- 5.- Carrazón A. J. (2007). *“Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego”*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI).
- 6.- Dalmati. D. (1962). *“Manual de Hidráulica”*. Argentina: Universidad Nacional La Plata
- 7.- FONCODES (2012). Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social-Proyecto de riego: *“Mejoramiento del servicio de agua del sistema de riego San Felipe – Linderos de Maray, Santa Catalina de Mossa, Morropón – Piura”*.
- 8.- García. T. E. (2009). *“Manual práctico de pequeñas irrigaciones”*. Lima-Perú. Fondo Perú – Alemania.
- 9.- INNOVA NORTE. (2014). *“Revista científica y de innovación Agraria del Norte”*. Agrored Norte
- 10.- Juárez. B. E. y Rico R. A (2005). *“Mecánica de suelos”*. México. LIMUSA Noriega Editores.
- 11.- Ley Orgánica de Municipalidades N°27972 del 2003.
- 12.- Ley de Recursos Hídricos N°29338. Lima, 30 de marzo del 2009.
- 13.- McCormac. J. (2012). *Topografía*. México. Editorial LIMUSA S.A.
- 14.- Mejía M. J. (2012). *Hidrología Aplicada*. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 1er edición.

- 15.- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). *“Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Riego Menor, a Nivel de Perfil”*. Lima-Perú: Dirección General de Política de Inversiones – DGPI.
- 16.- MINAGRI (1998-2008). Ministerio de Agricultura y de Riego. *“Producción agrícola” y “Compendio estadístico agrícola”*.
- 17.- Montero T. M. (2013). *Apuntes de Clases de Ingeniería de Riegos*. Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura. Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola.
- 18.- Morales M. R. (2006). *Diseño de Concreto Armado*. Lima, Perú: 3^{era} edición ICG.
- 19.- Municipalidad Distrital Santa Catalina de Mossa (2013). Proyecto de riego: *“Mejoramiento del servicio de agua del sistema de riego canal principal Casa Blanca, en el caserío Casa Blanca, Distrito de Santa Catalina de Mossa, provincia de Morropón-Piura”*.
- 20.- Ramírez Ch. W. (2013). *Apuntes de Clases de Hidrología*. Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura. Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola.
- 21.- Ramos T. L. (2014). *“Diseño de Estructuras Hidráulicas I”*. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 1er edición.
- 22.- Sánchez D.M. (2014). *“Hidráulica de canales abiertos, teoría y problemas”*. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 1er edición.
- 23.- Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. (2010). *“Topografía aplicada a obras”*. (México). Subsecretaría de Desarrollo Rural - Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural.
- 24.- Urcía C. J. (2005). *“Canales de riego, diseño y construcción”*. Lima – Perú. Colección de la Construcción- Estructuras hidráulicas.
- 25.- Vásquez V. Absalón y Chang. N. L. (1982). *“El riego, principios básicos”*. Lima - Perú.
- 26.- Ven te Chow. (1994). *“Hidráulica de canales abiertos”*. Colombia: Editorial Nomos S.A
- 27.- Villón B. M. (2003). *“Diseño de Estructuras Hidráulicas”*. Lima-Perú: 2da edición, Editorial Villón.
- 28.- Villón B. M. (2007). *“Hidráulica de canales”*. Lima-Perú
- 29.- Villón B. M. (2006). *“Problemas resueltos de Hidráulica de canales”*. Lima, Perú: Editorial
- 30.- Villón B. M. (2006). *“H. canales V 3.0, Manual del usuario”*. Costa Rica: Taller de publicaciones, Instituto tecnológico de Costa Rica.

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

ANEXO N°8.1

❖ Cuadros de datos climatológicos de la estación CO-Morropón y CP- Chalaco

ESTACION: CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL CP-CHALACO

LONGITUD : 79°47'29.9 " **LATITUD** : 05°02'19.2" **ALTITUD** : 2,295msnm
DEPARTAMENTO: PIURA **PROVINCIA:** MORROPON **DISTRITO:** CHALACO

Cuadro N°8.1.1. Precipitación (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	215.0	276.9	321.7	138.2	22.2	4.5	6.4	0.0	5.9	20.3	75.9	65.5
2002	58.2	296.3	400.3	0.0	34.5	3.6	12.7	0.0	0.0	0.0	60.6	123.9
2003	102.1	191.4	141.5	113.8	29.2	17.2	0.6	0.0	3.5	7.4	29.3	72.9
2004	143.3	169.5	146.1	201.1	38.7	3.5	8.7	0.0	18.4	37.0	13.3	98.2
2005	92.4	202.1	330.0	62.3	28.9	7.9	0.0	0.0	1.5	24.3	15.3	98.2
2006	143.6	325.5	406.8	105.4	18.7	20.5	1.2	0.0	2.0	3.4	135.4	128.1
2007	146.4	116.4	279.6	466.6	26.5	1.1	9.9	0.0	0.0	38.7	74.8	37.0
2008	257.3	449.1	397.1	224.7	52.9	17.9	0.5	8.7	3.2	58.0	69.6	49.9
2009	395.6	405.2	361.4	89.7	75.9	3.1	1.3	6.8	0.0	13.7	63.7	88.0
2010	100.8	311.5	0.0	191.8	35.7	11.6	0.0	4.0	1.1	28.5	41.3	87.7
2011	176.2	164.2	156.0	263.0	43.6	21.6	30.8	0.0	11.7	41.9	52.1	107.9
2012	275.4	520.2	266.5	232.5	38.0	5.7	0.0	0.0	0.0	29.3	131.5	26.0
2013	141.5	225.8	176.2	52.7	53.5	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: SENAMHI-Piura

ESTACIÓN: CLIMATOLOGICA PRINCIPAL CP-CHALACO

LONGITUD : 79°47'29.9" **LATITUD** : 05°02'19.2" **ALTITUD** : 2,295msnm
DEPARTAMENTO: PIURA **PROVINCIA:** MORROPON **DISTRITO:** CHALACO

Cuadro N°8.1.2. Humedad relativa (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	94	95
2002	96	97	94	95	92	93	85	84	85	87	0.0	90
2003	92	96	94	94	90	79	84	71	81	84	83	88
2004	93	98	95	92	81	84	69	73	75	79	69	84
2005	92	98	95	93	85	82	79	75	78	70	81	89
2006	96	92	97	95	87	83	84	84	80	84	92	90
2007	99	98	97	96	94	86	85	86	87	89	92	93
2008	99	99	97	95	93	88	90	84	82	84	83	95
2009	97	98	97	97	94	91	93	87	85	81	87	92
2010	97	96	97	98	92	92	89	86	89	89	92	97
2011	98	98	96	96	95	91	89	91	90	93	94	94
2012	97	96	96	94	96	91	87	85	0.0	93	0.0	0.0
2013	141.5	225.8	176.2	52.7	53.5	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: SENAMHI-Piura

ESTACIÓN: CLIMATOLOGICA PRINCIPAL CP-CHALACO

LONGITUD : 79°47'29.9" LATITUD : 05°02'19.2" ALTITUD : 2,295msnm
 DEPARTAMENTO: PIURA PROVINCIA: MORROPÓN DISTRITO: CHALACO

Cuadro N°8.1.3. Temperatura máxima (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.1	19.5
2003	19.6	18.5	19.7	19.6	20.1	20.1	21.0	21.5	21.9	21.3	21.0	20.1
2004	18.8	18.4	19.7	19.5	20.5	20.9	20.9	21.8	21.1	20.7	21.2	20.1
2005	18.8	17.5	19.0	20.1	21.0	20.9	21.4	21.7	21.7	21.1	20.9	19.8
2006	18.9	17.8	19.3	19.2	20.7	19.9	20.8	21.4	21.5	22.4	21.0	20.0
2007	19.1	19.8	18.7	18.8	19.9	20.6	20.2	21.0	21.7	21.0	18.8	18.7
2008	16.3	17.1	18.1	18.0	18.7	19.5	20.2	20.5	21.1	20.3	19.8	19.5
2009	17.0	17.9	18.5	19.3	19.8	20.3	20.0	21.4	22.2	21.6	21.6	19.6
2010	19.4	19.1	19.4	19.1	19.6	19.7	20.1	21.3	21.1	21.0	20.7	19.0
2011	17.5	18.0	18.1	18.0	19.9	19.9	19.7	27.9	21.2	19.8	20.2	17.6
2012	16.3	16.9	18.5	18.5	19.6	19.9	20.7	20.8	21.4	20.1	19.2	19.3
2013	18.0	18.1	18.9	19.9	19.3	20.5	20.5	20.8	20.7	21.1	21.1	-

Fuente: SENAMHI-Piura

Cuadro N°8.1.4. Temperatura mínima (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.0	12.4
2003	12.2	12.5	11.9	12.1	11.8	11.1	10.3	10.5	11.4	11.5	11.9	11.5
2004	11.3	11.9	12.0	11.3	10.8	9.3	9.4	8.6	10.4	11.3	11.2	11.1
2005	10.8	12.0	12.3	11.9	10.3	10.9	9.2	9.8	10.7	10.9	9.8	10.5
2006	11.6	12.9	12.6	11.7	10.9	10.4	9.7	10.1	10.8	10.6	11.1	11.9
2007	13.0	11.5	12.9	12.5	11.9	9.8	8.9	9.4	8.6	9.3	10.4	8.7
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	10.2	8.2	11.4	12.2	11.5	11.0	10.5	9.7	10.0	10.3	9.5	9.9
2011	10.4	10.1	9.2	11.0	9.8	10.3	9.3	8.9	9.4	9.0	9.2	10.4
2012	10.4	10.5	10.0	9.8	9.5	9.3	8.3	8.4	8.8	9.2	9.7	9.1
2013	9.9	9.9	10.1	9.6	9.9	9.1	7.7	8.1	8.8	9.8	9.2	-

Fuente: SENAMHI-Piura

ESTACIÓN: CLIMATOLÓGICA ORDINARIA CO-MORROPÓN

LONGITUD : 79°58'16"

LATITUD : 05°11'41"

ALTITUD : 141msnm

DEPARTAMENTO: PIURA

PROVINCIA: MORROPON

DISTRITO: MORROPÓN

Cuadro N°8.1.5. Precipitación (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	77.6	115.6	433.1	83.1	1.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	1.7
2002	0.4	145.2	391.6	22.7	3.1	0.0	0.5	0.0	0.0	8.8	0.0	1.0
2003	33.9	79.5	18.3	4.3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	4.5
2004	67.5	21.1	10.2	81.5	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	0.0	16.3
2005	2.0	14.3	125.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.8
2006	15.9	290.7	177.6	107.6	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	2.0	5.6
2007	39.2	9.0	123.2	4.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	5.4	7.3	0.0
2008	56.8	581.4	444.0	81.0	2.0	0.2	0.5	0.0	0.0	2.9	13.4	0.0
2009	213.0	72.2	149.1	6.7	0.9	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	7.1	5.0
2010	23.9	197.9	105.8	30.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	1.6	3.1
2011	5.2	84.5	0.0	129.3	1.2	4.7	0.0	0.0	0.0	0.7	8.3	9.4
2012	38.7	639.9	374.0	128.8	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	5.7	2.4
2013	22.6	14.3	140.9	3.6	17.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: SENAMHI-Piura

ESTACIÓN: CLIMATOLÓGICA ORDINARIA CO-MORROPÓN

LONGITUD : 79°58'16"

LATITUD : 05°11'41"

ALTITUD : 141msnm

DEPARTAMENTO:

PROVINCIA:

PIURA

MORROPON

DISTRITO: MORROPON

Cuadro N°8.1.6. Humedad relativa (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	76	75	81	80	78	79	76	76	68	65	67	67
2002	68	73	75	72	68	66	67	69	65	67	67	68
2003	73	76	73	73	73	71	69	68	67	69	71	69
2004	64	66	63	68	89	70	71	69	69	68	71	70
2005	62	88	78	70	72	74	73	71	71	71	70	71
2006	69	82	82	77	73	75	80	72	72	72	72	75
2007	76	69	78	72	72	73	73	74	74	74	72	69
2008	77	83	80	79	83	83	79	80	75	77	76	71
2009	79	79	79	77	76	83	80	78	76	71	71	67
2010	68	73	74	74	72	74	76	75	75	73	73	70
2011	65	68	64	70	73	74	76	73	71	70	66	67
2012	68	74	72	73	73	74	73	72	69	71	67	65
2013	67	83	72	68	73	73	0	70	0	0	0	0

Fuente: SENAMHI-Piura

ESTACIÓN: CLIMATOLOGICA ORDINARIA CO-MORROPON

LONGITUD : 79°58'16" LATITUD : 05°11'41" ALTITUD : 141msnm
DEPARTAMENTO: PIURA PROVINCIA: MORROPON DISTRITO: MORROPON

Cuadro N°8.1.7. Temperatura máxima (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	32.6	32.5	31.9	30.6	29.1	26.0	29.1	30.4	31.9	32.1	32.5	33.9
2002	34.5	33.1	31.6	30.3	31.5	30.3	28.9	29.6	31.7	31.1	32.2	32.5
2003	32.3	31.6	33.4	33.5	32.0	31.1	30.7	31.6	32.6	33.0	32.9	33.7
2004	33.5	34.0	35.0	33.9	32.5	30.0	29.3	31.5	32.3	33.2	32.2	33.2
2005	34.4	32.7	30.8	33.0	30.7	30.6	30.1	31.0	31.0	31.2	31.7	32.8
2006	33.9	31.5	31.3	31.7	31.4	29.1	29.6	30.9	32.1	32.4	32.9	33.1
2007	32.6	34.4	33.1	33.1	31.9	30.3	30.6	30.2	31.5	30.6	32.1	32.8
2008	31.5	31.4	31.4	31.0	28.7	26.5	27.1	28.2	31.5	31.7	32.1	33.7
2009	31.8	31.7	32.1	32.8	32.8	30.2	31.1	31.4	32.7	34.1	33.5	32.8
2010	32.4	32.0	32.0	31.8	32.2	31.8	31.0	31.9	31.6	32.5	33.1	33.8
2011	34.0	33.3	35.2	32.7	31.3	31.1	30.6	31.7	32.9	32.1	33.5	33.1
2012	32.4	32.1	32.4	31.9	31.6	31.1	30.1	31.5	32.6	32.3	34.1	34.1
2013	32.5	34.7	32.5	33.3	30.8	30.7	-	32.5	-	-	-	-

Fuente: SENAMHI-Piura

Cuadro N°8.1.8. Temperatura media (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	21.7	22.7	22.5	21.2	18.6	17.7	17.5	16.6	16.6	16.9	18.5	20.4
2002	20.6	23.8	23.1	21.8	20.0	17.2	16.6	16.1	15.6	18.0	19.2	21.2
2003	22.4	22.7	22.2	20.7	18.6	17.6	16.2	16.0	17.2	17.5	19.0	20.8
2004	21.6	23.5	23.6	21.3	19.0	16.2	16.7	15.6	17.1	18.3	18.7	20.3
2005	23.3	23.1	21.9	21.4	18.6	17.5	16.2	16.5	15.3	16.6	16.9	19.7
2006	22.2	22.9	22.6	20.4	18.5	18.2	18.2	17.6	17.4	18.2	19.4	20.6
2007	22.6	23.2	22.9	21.4	18.5	16.2	16.5	16.0	15.6	16.4	17.9	19.3
2008	22.2	21.9	22.3	21.0	18.9	18.2	18.1	17.7	17.2	17.3	17.6	18.4
2009	21.4	22.4	22.2	20.9	18.9	17.8	17.1	16.9	16.8	17.3	18.7	20.6
2010	22.7	22.9	22.6	21.3	19.4	17.4	15.6	15.3	15.5	15.9	16.3	19.0
2011	20.8	21.9	21.3	21.3	19.8	19.2	17.0	16.9	16.5	16.8	18.3	20.6
2012	22.1	22.0	22.1	21.5	19.8	19.3	17.8	16.9	17.0	17.2	18.8	19.4
2013	21.3	22.7	22.4	19.8	18.5	16.6	-	15.3	-	-	-	-

Fuente: SENAMHI-Piura

ANEXO N°8.2

❖ Cálculo de la parámetros climatológicos de la zona de estudio (interpolación)

UBICACIÓN GEOGRAFICA

Longitud: 79°51'330"

Latitud: 5°05'287"

Altitud: 1,664 m.s.n.m

Departamento: Piura

Provincia: Morropón

Distrito: Santa Catalina de Mossa

Cuadro N°8.1.9. Relación geográfica de la zona de estudio

ZONA	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (msnm)	DEPART.	PROVINCIA	DISTRITO
CP CHALACO	79°47'29.9"	05°02'19.2"	2,295	PIURA	MORROPÓN	CHALACO
CASERIO DE MOSSA	79°51'330"	5° 05.287'	1,664	PIURA	MORROPÓN	STA CAT DE MOSSA
CO MORROPÓN	79°58'16"	05°11'41"	141.0	PIURA	MORROPÓN	MORROPÓN

Cuadro N°8.1.10. Interpolación de la temperatura máxima (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	9.5	9.5	9.3	9.0	8.5	7.6	8.5	8.9	9.3	9.4	23.7	23.7
2002	10.1	9.7	9.3	8.9	9.2	8.9	8.5	8.7	9.3	9.1	23.6	23.3
2003	23.3	22.3	23.7	23.7	23.6	23.3	23.8	24.5	25.0	24.7	24.5	23.7
2004	23.1	23.0	24.2	23.7	24.0	23.6	23.4	24.6	24.4	24.4	24.4	23.9
2005	23.4	22.0	22.5	23.9	23.8	23.7	23.9	24.4	24.4	24.1	24.1	23.6
2006	23.3	21.8	22.8	22.9	20.7	22.6	23.4	24.2	24.6	22.4	24.5	23.8
2007	23.1	24.1	22.9	23.0	23.4	23.4	23.2	23.7	24.6	23.8	22.7	22.8
2008	20.8	21.3	22.0	21.8	21.6	21.6	22.2	22.8	24.1	23.6	23.4	23.7
2009	21.3	21.9	22.5	23.3	23.6	23.2	23.3	24.3	25.3	25.3	25.1	23.5
2010	23.2	22.9	23.1	22.8	23.3	23.2	29.7	24.4	24.2	24.4	24.3	23.3
2011	22.3	22.5	23.1	22.3	23.2	23.2	22.9	29.0	24.6	23.4	24.1	22.1
2012	21.0	21.4	22.6	22.4	23.1	23.2	23.5	23.9	24.7	23.7	23.6	23.6
2013	22.2	23.0	22.9	23.8	22.7	23.5	14.5	24.2	14.6	14.9	14.9	0.0

Cuadro: Elaboración propia con datos de las estaciones climatológicas de CO-Morropón y CP-Chalaco

Cuadro N°8.1.11. Interpolación de la temperatura mínima (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	6.4	6.6	6.6	6.2	5.4	5.2	5.1	4.9	4.9	5.0	5.4	6.0
2002	6.0	7.0	6.8	6.4	5.9	5.0	4.9	4.7	4.6	5.3	14.1	15.0
2003	15.2	15.5	14.9	14.6	13.8	13.0	12.0	12.1	13.1	13.3	14.0	14.2
2004	14.3	15.3	15.4	14.2	13.7	11.3	11.5	10.7	12.4	13.4	13.4	13.8
2005	14.5	15.3	15.1	14.7	12.7	12.8	11.3	11.8	12.0	12.6	11.9	13.2
2006	14.7	15.8	15.5	14.2	13.4	12.7	12.2	12.3	12.7	12.8	13.5	14.4
2007	15.8	14.9	15.8	15.1	13.8	11.7	11.1	11.3	10.7	11.4	12.6	11.8
2008	6.5	6.4	6.5	6.2	5.5	5.3	5.3	5.2	5.0	5.1	5.2	5.4
2009	6.3	6.6	6.5	6.1	5.5	5.2	5.0	5.0	4.9	5.1	5.5	6.0
2010	13.9	12.5	14.7	14.9	13.8	12.9	12.0	11.3	11.6	11.9	11.5	12.6
2011	13.4	13.6	12.7	14.0	12.7	12.9	11.6	11.2	11.5	11.3	11.9	13.4
2012	13.8	13.9	13.5	13.2	12.5	12.2	11.1	10.9	11.2	11.5	12.4	12.1
2013	13.2	13.6	13.7	12.6	12.4	11.3	5.4	10.2	6.2	6.9	6.5	0.0

Cuadro: Elaboración propia con datos de las estaciones climatológicas de CO-Morropón y CP-Chalaco

Cuadro N°8.1.12. Interpolación de la temperatura media (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	8.0	8.1	8.0	7.6	7.0	6.4	6.8	6.9	7.1	7.2	14.6	14.8
2002	8.1	8.3	8.0	7.6	7.5	7.0	6.7	6.7	6.9	7.2	18.9	19.1
2003	19.3	18.9	19.3	19.1	18.7	18.2	17.9	18.3	19.1	19.0	19.2	19.0
2004	18.7	19.1	19.8	19.0	18.9	17.4	17.4	17.6	18.4	18.9	18.9	18.9
2005	18.9	18.6	18.8	19.3	18.3	18.3	17.6	18.1	18.2	18.3	18.0	18.4
2006	19.0	18.8	19.2	18.6	17.1	17.6	17.8	18.2	18.7	17.6	19.0	19.1
2007	19.4	19.5	19.4	19.0	18.6	17.6	17.2	17.5	17.6	17.6	17.6	17.3
2008	13.6	13.9	14.3	14.0	13.6	13.4	13.8	14.0	14.6	14.4	14.3	14.5
2009	13.8	14.3	14.5	14.7	14.6	14.2	14.1	14.6	15.1	15.2	15.3	14.8
2010	18.5	17.7	18.9	18.8	18.6	18.1	20.8	17.9	17.9	18.2	17.9	18.0
2011	17.9	18.0	17.9	18.2	18.0	18.0	17.2	20.1	18.1	17.3	18.0	17.8
2012	17.4	17.6	18.1	17.8	17.8	17.7	17.3	17.4	17.9	17.6	18.0	17.9
2013	17.7	18.3	18.3	18.2	17.5	17.4	10.0	17.2	10.4	10.9	10.7	0.0

Cuadro: Elaboración propia con datos de las estaciones climatológicas de CO-Morropón y CP-Chalaco

Cuadro N°8.1.13. Interpolación de la precipitación (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	174.7	229.6	354.3	122.1	16.1	3.3	4.5	0.0	4.2	14.4	54.9	46.8
2002	41.3	252.0	397.8	6.6	25.3	2.5	9.1	0.0	0.0	2.6	42.8	87.9
2003	82.1	158.6	105.4	81.7	20.6	12.5	0.4	0.0	2.5	5.2	20.8	52.9
2004	121.1	126.0	106.3	166.1	3.7	2.5	6.2	0.0	13.0	28.6	9.4	74.2
2005	65.9	147.1	270.2	44.0	20.4	5.6	0.0	0.0	1.1	17.4	10.8	69.7
2006	106.2	315.3	339.7	106.0	19.3	14.6	0.9	0.0	1.4	2.5	96.3	92.2
2007	115.0	84.9	233.8	331.2	18.7	0.9	7.0	0.0	0.0	28.9	55.0	26.2
2008	198.6	487.9	410.8	182.6	38.0	12.7	0.5	6.2	2.3	41.9	53.1	35.3
2009	342.1	307.6	27.5	65.4	53.9	2.2	1.1	4.8	13.7	9.7	47.1	63.7
2010	78.3	278.2	31.0	144.5	25.6	8.2	0.0	2.8	0.8	22.4	29.7	62.9
2011	126.1	140.9	110.3	223.8	31.2	16.6	21.8	0.0	8.3	29.8	39.3	79.0
2012	206.1	555.3	298.0	202.1	27.2	4.0	0.0	0.0	0.0	21.7	94.6	19.1
2013	106.7	163.8	165.9	38.3	42.8	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0
MAX	342.1	555.3	410.8	331.2	53.9	16.6	21.8	6.2	13.7	41.9	96.3	92.2
MED	140.7	251.4	190.8	144.2	27.4	7.3	3.4	1.5	3.9	18.9	41.5	52.3
MIN	65.9	84.9	27.5	38.3	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cuadro: Elaboración propia con datos de las estaciones climatológicas de CO-Morropón y CP-Chalaco

Cuadro N°8.1.14. Interpolación de la humedad relativa (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	22.26	21.97	23.73	23.44	22.85	23.14	22.26	22.26	19.92	19.04	19.63	19.63
2002	19.92	21.38	21.97	21.09	19.92	19.33	19.63	20.21	19.04	19.63	86.09	87.09
2003	89.26	90.85	87.85	88.56	86.43	86.56	80.31	79.31	79.73	81.73	20.80	83.85
2004	83.80	87.21	84.92	86.38	89.71	76.36	80.19	70.41	77.48	79.31	79.48	82.73
2005	83.92	95.07	90.02	85.56	78.36	81.07	70.17	72.41	73.83	76.66	69.29	80.19
2006	85.26	93.31	91.19	88.31	81.48	79.95	79.29	74.12	76.24	70.59	78.36	84.90
2007	90.14	85.26	91.43	88.26	82.61	80.07	80.78	81.07	78.24	81.07	86.14	83.85
2008	92.56	93.61	92.02	91.02	90.78	85.12	83.24	84.24	83.48	85.48	87.31	86.56
2009	93.14	93.14	91.73	89.73	88.02	86.54	87.07	82.24	80.24	80.19	79.48	86.80
2010	88.50	90.68	90.26	90.26	87.56	86.02	88.02	83.48	82.07	78.66	82.90	85.56
2011	87.63	87.80	87.33	89.80	86.43	86.73	85.19	82.19	83.73	83.43	84.38	88.21
2012	89.21	90.97	88.97	89.26	88.56	86.02	84.31	85.43	83.85	86.56	86.09	85.50
2013	88.21	92.19	88.97	86.38	89.26	85.73	61.51	80.61	0.00	65.76	0.00	0.00
MAX	93.14	95.07	92.02	91.02	90.78	86.73	88.02	85.43	83.85	86.56	87.31	88.21
MED	88.24	90.92	89.68	88.50	86.28	83.36	79.98	79.62	71.92	78.77	73.35	76.43
MIN	83.80	85.26	84.92	85.56	78.36	76.36	61.51	70.41	0.00	65.76	0.00	0.00

Cuadro: Elaboración propia con datos de las estaciones climatológicas de CO-Morropón y CP-Chalaco

ANEXO N°8.3

❖ ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Geología y geotecnia del área de estudio

▪ Geología

Las rocas metamórficas corresponden al Complejo Olmos-Morropón (PE-Co-m) constituida por esquistos, filitas y cuarcitas. Las rocas sedimentarias del grupo Goyllarisquizga (Ki-g) están constituidas por areniscas lutitas y conglomerados. La zona de estudio se caracteriza por presentar unidades estratigráficas que afloran en las zonas adyacentes, pertenecen al Complejo Olmos-Morropón, de edad Pre-Cambriana que afloran al Sur Oeste del área de estudio; así mismo hacia el Sur aflora el Grupo Salas (Pi-s) de edad Paleozoico Inferior, también del tipo metamórfico, entre los que se distinguen esquistos, pizarras y filitas arcillosas e intensamente meteorizados hasta el estado de arcillas con inclusiones de fragmentos de rocas, presentan intercalaciones de areniscas metamorizadas y están cortadas por vetillas de cuarzo lechoso. Estas rocas son de resistencia media a alta; sobre yaciendo al Grupo Salas se encuentran las rocas metamórficas de la Formación Río Seco, representados por Cuarcitas y areniscas cuarcitiformes de resistencia alta, intercalados con estratos delgados de esquistos arcillosos. hacia el sector de estudio se evidencia afloramientos de rocas intrusivas tipo granito y granodiorita de la Unidad Paltashaco que predominan en la zona de estudio intensamente meteorizados en superficie hasta formar una capa de suelos arenosos, areno arcillosos y arcillosos con inclusión de bloques rocosos de tamaño variado; así como también rocas volcánicas de composición andesítica.

▪ Condiciones geotécnicas del área de estudio.

Los factores fundamentales que establecen las condiciones geólogo – geotécnicas del área de estudio son: un amplio desarrollo de los depósitos cuaternarios y meteorización intensa de la roca basamento en zonas adyacentes y con mejor estado de conservación y de mayor resistencia en la zona del terreno donde se proyecta el *“Mejoramiento del sistema hidráulico de riego del caserío de Mossa”*.

El comportamiento geotécnico del área de estudio está influenciado por los siguientes

factores: Un amplio desarrollo de los depósitos cuaternarios, meteorización intensa de la roca basamento en zonas adyacentes a las estribaciones de la cordillera y próximas a la superficie.

➤ Fenómenos de geodinámica externa.

Los procesos de geodinámica externa, que afectan la zona de estudio están relacionados con el Fenómeno de El Niño (1,925-1,983 - 1992 y 1998) y los sismos (1,953-1,970) y debido a la topografía del terreno, tipo de suelos, la vulnerabilidad en las zonas de estudio, específicamente, se estima de medio a alto. Por otro lado, por el tipo de suelo predominante, en épocas de avenidas, la velocidad de erosión aumenta considerablemente, poniendo en riesgo la seguridad de las estructuras, para lo cual es necesario tomar las precauciones del caso. De los fenómenos geológicos de geodinámica externa podemos mencionar que en el área donde se proyecta el ***“Mejoramiento del sistema hidráulico de riego del caserío de Mossa - Distrito Santa Catalina de Mossa - provincia de Morropón – Piura”***, no se presentan quebradas activas en épocas de fuertes precipitaciones ni formación de cárcavas y que solo se podrían ocurrir lagunamientos.

➤ Fenómenos de geodinámica interna.

Sismicidad y Riesgo Sísmico

Sismicidad: El sector del Nor-Oeste de Perú se caracteriza por su actividad Neotectónica muy tenue, particularidad de la conformación geológica de la zona; sin embargo, los Tablazos marinos demuestran considerables movimientos radiales durante el Pleistoceno, donde cada tablazo está íntimamente relacionado a levantamientos de líneas litorales, proceso que aún continúa en la actualidad por emergencia de costas.

➤ Análisis de Licuación de Arenas

En suelos granulares, particularmente arenosos las vibraciones sísmicas pueden manifestarse mediante un fenómeno denominado licuefacción, el cual consiste en la pérdida momentánea de la resistencia al corte de los suelos granulares, como consecuencia de la presión de poros que se genera en el agua contenida en ellos

originada por una vibración violenta. Esta pérdida de resistencia del suelo se manifiesta en grandes asentamientos que ocurren durante el sismo ó inmediatamente después de éste. Sin embargo, para que un suelo granular, en presencia de un sismo, sea susceptible a licuar debe presentar simultáneamente las características siguientes (Seed and Idriss):

- Debe estar constituido por arena fina a arena fina limosa.
- Debe encontrarse sumergida (napa freática).
- Su densidad relativa debe ser baja.

Se puede afirmar que el terreno de fundación son suelos areno-arcillosos, areno-limosos, de naturaleza muy consistente que se encuentran ubicadas en la zona de estudio, que podrían ser afectadas por la infiltración de aguas superficiales provenientes de lluvias torrenciales; no se ha evidenciado la presencia de napa freática, así mismo el material encontrado nos permite considerar como *terrenos de buena estabilidad*, por lo que no es probable que ocurran fenómenos de licuación de arenas ante un sismo de gran magnitud.

➤ **Resultados de laboratorio - Estudio de mecánica de suelos**

Excavación y Descripción de Calicatas (perfiles estratigráficos).

Con la finalidad de ubicar los puntos de excavación de las calicatas, se hizo un reconocimiento de campo en las áreas donde se ha proyectado el *“Mejoramiento del sistema hidráulico de riego del caserío de Mossa - Distrito Santa Catalina de Mossa - Provincia de Morropón – Piura”*, habiéndose determinado la ubicación de Quince (15) Calicatas, con una sección de 1.50 m. por 1.00m. y 1.50 m. de profundidad.(ver **cuadro 8.3.1**).

Con las muestras obtenidas se realizaron los ensayos de laboratorio, de granulometría, plasticidad, Proctor, corte directo de suelos, hinchamiento y contracción de suelos, humedad natural, etc., para proceder a clasificar los suelos y evaluar sus propiedades.

Cuadro N°8.3.1. Excavaciones de calicatas

CANAL	CALICATA / MUESTRA		PROFUNDIDAD A CIELO ABIERTO (m)	PROFUNDIDAD A NIVEL FREATICO (m)
LA ARAVISCA	C-1 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	seco
	C-2 / M-3	lado trazo de canal		seco
EL PUENTE	C-3 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	seco
	C-3A / M-3	lado de reservorio		seco
	C-4 / M-3	lado trazo de canal		1.50
LA LAJA	C-5 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	seco
	C-6 / M-3	lado trazo de canal		seco
EL GRANADILLO- NOGAL	C-7 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	1.50
	C-8 / M-3	lado trazo de canal		1.50
EL TRAPICHE	C-9 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	1.50
	C-10 / M-3	lado trazo de canal		1.50
EL LIMO	C-11 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	seco
	C-12 / M-3	lado trazo de canal		1.50
LOS GARCIA	C-13 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	seco
	C-14 / M-3	lado trazo de canal		seco

▪ Muestreo de Suelos (Alterados e Inalterados)

En la excavación realizada se obtuvieron muestras de suelos de los horizontes estratigráficos y su correspondiente descripción. Así mismo se procedió a la obtención de muestras disturbadas para los ensayos granulométricos, peso específico y toma de muestras de suelos inalterados constituidos por monolitos que permitieron obtener los parámetros mediante ensayos de corte directo, asentamiento diferencial, etc.

▪ Propiedades de los suelos y perfiles estratigráficos

En base a los análisis granulométricos, plasticidad y observando las columnas y descripción de los horizontes de suelos, se ha obtenido los siguientes perfiles estratigráficos:

Canal La Aravisca

Calicata C-1: ubicada al lado del reservorio entre las coordenadas N 9437834 y E 0627765.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcillas (CL), color marrón claro, medianamente plástica, compacidad media, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcillas (CL), color marrón claro a oscuro, medianamente plástica, con bajo grado de hinchamiento y contracción de suelos, de baja a mediano contenido de humedad, compacidad media, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: No Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Calicata C-2: ubicada al lado del trazo de canal Aravisca entre las coordenadas N 9437486 y E 0627526.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcillas (CL), color pardo amarillento, medianamente plástica, compacidad media, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcillas (CL), color pardo amarillento, medianamente plástica, con bajo grado de hinchamiento y contracción de suelos, de baja a mediano contenido de humedad, compacidad media, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: No Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Canal El Puente:

Calicata C-3: ubicada al lado del reservorio entre las coordenadas N 9437632 y E 0626948.

0.00 - 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 - 1.00 m. Arcillas (CL), color marrón claro, medianamente plástica, compacidad media, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

1.00 - 1.50 m. Arcillas (CL), color marrón claro a oscuro, medianamente plástica, con bajo grado de hinchamiento y contracción de suelos, de baja a mediano contenido de humedad, compacidad media, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: No Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Calicata C-3A: ubicada al lado del reservorio entre las coordenadas N 9437632 y E 0626948.

0.00 - 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 - 1.00 m. Arcillas (CL), color marrón claro, medianamente plástica, compacidad media, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcillas (CL), color marrón claro a oscuro, medianamente plástica, con bajo grado de hinchamiento y contracción de suelos, de baja a mediano contenido de humedad, compacidad media, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: No Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Calicata C-4: ubicada al lado del trazo de canal El Puente entre las coordenadas N 9437386 y E 0626385.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Canal La Laja:

Calicata C-5: ubicada al lado del reservorio entre las coordenadas N 9437578 y E 0627513.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante

presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: No Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Calicata C-6: ubicada al lado del trazo de canal La Laja, entre las coordenadas N 9437487 y E 0627281.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: No Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Canal El Granadillo - Nogal:

Calicata C-7: ubicada al lado del reservorio entre las coordenadas N 9437825 y E 0627276.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Calicata C-8: ubicada al lado del trazo de canal El Granadillo-Nogal, entre las coordenadas N 9437860 y E 0627060.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Canal El Trapiche:

Calicata C-9: ubicada al lado del reservorio entre las coordenadas N 9437242 y E 0626858.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Calicata C-10: ubicada al lado del trazo del canal El Trapiche, entre las coordenadas N 9436966 y E 0626848.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcillas (CL), color marrón oscuro a gris, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas tipo granulado, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcillas (CL), color marrón oscuro a gris, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas tipo granulado, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Canal El Limo:

Calicata C-11: ubicada al lado del reservorio del canal entre las coordenadas N 9437442 y E 0626828.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcillas (CL), color marrón a amarillento, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas tipo granulado, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcillas (CL), color marrón a amarillento, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas tipo granulado, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: No se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Calicata C-12: ubicada al lado del trazo del canal El Limo, entre las coordenadas N 9437343 y E 0626549.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcillas (CL), color marrón oscuro a gris, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas tipo granulado, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcillas (CL), color marrón oscuro a gris, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas tipo granulado, regular contenido de humedad natural aumentando hasta saturarse, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Canal Los García:

Calicata C-13: ubicada al lado del reservorio entre las coordenadas N 9437343 y E 0626449.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcilla inorgánica (CH), color marrón oscuro, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: No Se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

Calicata C-14: ubicada al lado del trazo del canal Los García, entre las coordenadas N 9436296 Y E 0626421.

0.00 – 0.30 m. Capa vegetal, con material de arcillas orgánicas, con inclusión abundante presencia de raíces, de compacidad media.

0.30 – 1.00 m. Arcillas (CL), color marrón a amarillento, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas tipo granulado, regular contenido de humedad natural,

paredes de la calicata estables.

1.00 – 1.50 m. Arcillas (CL), color marrón a amarillento, de alta plasticidad, compacidad media, con presencia de rocas tipo granulado, regular contenido de humedad natural, paredes de la calicata estables, paredes de la calicata estables con ángulo de talud de 88° aproximadamente.

NOTA: No se evidenció la presencia de napa freática hasta 1.50m. de profundidad.

➤ **Determinación de las propiedades físico mecánicas de los suelos en el laboratorio.**

Tipos de Suelos

Con los análisis granulométricos y límites de Atterberg, así como por observaciones de campo se han obtenido los perfiles estratigráficos que acompañan el presente informe y se han podido determinar los siguientes tipos de suelos:

a) Suelos Arcillo-Arenosos CL.

Este tipo de suelos en las que se intercalan pequeños horizontes de areniscas de color marrón claro a amarillento y dan como resultado suelos arcillo-arenosos que se clasifican como (CL) de mediana a alta plasticidad, compacidad media y con valores medios de expansividad y contracción de suelos arcillosos cuando aumento o pérdida de humedad.

b) Suelos de Arcillas Inorgánicas CH.

Este tipo de suelos, se caracterizan por presentar colores marrón oscuro en función a su grado de meteorización y presentan alta plasticidad, bastante fisibles y fácilmente disgregables, presentan procesos de expansividad y contracción de valores altos. Algunos tipos de suelos arcillosos contienen arenas finas y limos que disminuyen su plasticidad. En base a sus límites de Atterberg, granulometría e hinchamiento libre se han clasificado como del tipo CH.

Además los ensayos de laboratorio se utilizan en la determinación de las principales propiedades físicas mecánicas; bajo normas de la American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.) para cada caso como:

Agresión del suelo al concreto

El contenido de sales solubles, carbonatos, sulfatos y cloruros determinados mediante ensayos químicos en el Laboratorio en muestras representativas que muestran valores de *sales solubles, cloruros, sulfatos y carbonatos*, lo que nos indican que los suelos son de moderada agresividad al concreto y por lo tanto, se debe utilizar para el diseño del mismo, cemento portland tipo MS en las cimentaciones y Resistencia del concreto de 210 a 280 kg/cm² en la cimentación etc.

Cuadro N°8.3.2. Resultados agresión del suelo al concreto

CANAL	CALICATA / MUESTRA		PROFUNDIDAD (m)	SALES SOLUBLES (%)	CLORUROS (%)	SULFATOS (%)	CARBONATOS (%)
La Aravisca	C-1 / M-2	lado de	0.30 - 1.00	0.500	0.0450	0.0380	0.0000
	C-1 / M-3	reservorio	1.00 - 1.50	0.520	0.0490	0.0410	0.0000
	C-2 / M-2	lado trazo	0.30 - 1.00	0.510	0.0450	0.0430	0.0000
	C-2 / M-3	de canal	1.00 - 1.50	0.460	0.0480	0.0440	0.0000
El Puente	C-3 / M-2	lado de reservorio	0.30 - 1.00	0.470	0.0450	0.0490	0.0000
	C-3 / M-3		1.00 - 1.50	0.480	0.0510	0.0430	0.0000
	C-3A / M-2		0.30 - 1.00	0.440	0.0490	0.0390	0.0000
	C-3A / M-3		1.00 - 1.50	0.450	0.0470	0.0410	0.0000
	C-4 / M-2	lado trazo	0.30 - 1.00	0.500	0.0400	0.0370	0.0000
	C-4 / M-3	de canal	1.00 - 1.50	0.490	0.0460	0.0430	0.0000
La Laja	C-5 / M-2	lado de	0.30 - 1.00	0.510	0.0420	0.0360	0.0000
	C-5 / M-3	reservorio	1.00 - 1.50	0.480	0.0450	0.0380	0.0000
	C-6 / M-2	lado trazo	0.30 - 1.00	0.530	0.0430	0.0390	0.0000
	C-6 / M-3	de canal	1.00 - 1.50	0.510	0.0470	0.0440	0.0000
Granadillo-Nogal	C-7 / M-2	lado de	0.30 - 1.00	0.540	0.0450	0.0470	0.0000
	C-7 / M-3	reservorio	1.00 - 1.50	0.520	0.0490	0.0510	0.0000
	C-8 / M-2	lado trazo	0.30 - 1.00	0.530	0.0470	0.0490	0.0000
	C-8 / M-3	de canal	1.00 - 1.50	0.540	0.0420	0.0520	0.0000
El Trapiche	C-9 / M-2	lado de	0.30 - 1.00	0.510	0.0500	0.0470	0.0000
	C-9 / M-3	reservorio	1.00 - 1.50	0.530	0.0480	0.0520	0.0000
	C-10 / M-2	lado trazo	0.30 - 1.00	0.450	0.0590	0.0310	0.0000
	C-10 / M-3	de canal	1.00 - 1.50	0.430	0.0620	0.0420	0.0000
El Limo	C-11 / M-2	lado de	0.30 - 1.00	0.470	0.0550	0.0450	0.0000
	C-11 / M-3	reservorio	1.00 - 1.50	0.440	0.0570	0.0370	0.0000
	C-12 / M-2	lado trazo	0.30 - 1.00	0.460	0.0600	0.0430	0.0000
	C-12 / M-3	de canal	1.00 - 1.50	0.430	0.0580	0.0400	0.0000
Los Garcia	C-13 / M-2	lado de	0.30 - 1.00	0.480	0.0550	0.0380	0.0000
	C-13 / M-3	reservorio	1.00 - 1.50	0.440	0.0590	0.0440	0.0000
	C-14 / M-2	lado trazo	0.30 - 1.00	0.540	0.0530	0.0470	0.0000
	C-14 / M-3	de canal	1.00 - 1.50	0.55	0.0640	0.0520	0.0000

Contenido de humedad natural

De acuerdo a los ensayos realizados, se han podido establecer rangos de humedad natural de acuerdo a los tipos de suelos, pero generalmente la humedad natural aumenta con la profundidad, según se muestra en la tabla respectiva. No se observó la presencia de napa freática.

Cuadro N°8.3.3. Resultados contenido de humedad natural del suelo

CANAL	CALICATA / MUESTRA		PROFUNDIDAD (m)	HUMEDAD (%)
La Aravisca	C-1 / M-2	lado de reservorio	0.30 - 1.00	10.11
	C-1 / M-3		1.00 - 1.50	13.13
	C-2 / M-2	lado trazo de canal	0.30 - 1.00	7.43
	C-2 / M-3		1.00 - 1.50	10.03
El Puente	C-3 / M-2	lado de reservorio	0.30 - 1.00	9.22
	C-3 / M-3		1.00 - 1.50	10.27
	C-3A / M-2		0.30 - 1.00	8.70
	C-3A / M-3		1.00 - 1.50	11.12
	C-4 / M-2	lado trazo de canal	0.30 - 1.00	20.43
	C-4 / M-3		1.00 - 1.50	28.03
La Laja	C-5 / M-2	lado de reservorio	0.30 - 1.00	12.88
	C-5 / M-3		1.00 - 1.50	14.36
	C-6 / M-2	lado trazo de canal	0.30 - 1.00	13.10
	C-6 / M-3		1.00 - 1.50	15.32
Granadillo-Nogal	C-7 / M-2	lado de reservorio	0.30 - 1.00	17.09
	C-7 / M-3		1.00 - 1.50	33.45
	C-8 / M-2	lado trazo de canal	0.30 - 1.00	18.26
	C-8 / M-3		1.00 - 1.50	35.00
El Trapiche	C-9 / M-2	lado de reservorio	0.30 - 1.00	20.38
	C-9 / M-3		1.00 - 1.50	36.22
	C-10 / M-2	lado trazo de canal	0.30 - 1.00	21.07
	C-10 / M-3		1.00 - 1.50	34.26
El Limo	C-11 / M-2	lado de reservorio	0.30 - 1.00	12.34
	C-11 / M-3		1.00 - 1.50	13.30
	C-12 / M-2	lado trazo de canal	0.30 - 1.00	18.94
	C-12 / M-3		1.00 - 1.50	35.82
Los García	C-13 / M-2	lado de reservorio	0.30 - 1.00	13.90
	C-13 / M-3		1.00 - 1.50	14.17
	C-14 / M-2	lado trazo de canal	0.30 - 1.00	11.73
	C-14 / M-3		1.00 - 1.50	13.98

▪ Peso específico

Los suelos ensayados, muestran valores muy similares, los que fluctúan entre 2.60 – 2.62 gr/cm³.

▪ **Peso Unitario**

Los ensayos muestran valores para las arcillas de 1.50 gr/cm³, en función a su contenido de humedad y compacidad natural.

Densidad máxima y humedad optima

Estas propiedades de los suelos naturales se han obtenido mediante el método de Compactación Proctor Modificado (ASTM D1557) y los resultados muestran valores en función a la naturaleza homogénea del suelo.

Cuadro N°8.3.4. Resumen de valores de la densidad máxima y humedad optima

CANAL	MUESTRA OPTIMA	DENSIDAD MAXIMA (g/cm ³)	HUMEDAD (%)
La Aravisca	C-1 / M-3 (lado de reservorio)	1.81	10.04
	C-2 / M-3 (lado del trazo de canal)	1.83	10.15
El Puente	C-3 / M-3 (lado de reservorio)	1.81	9.92
	C-3A / M-3 (lado del reservorio)	1.8	10.07
	C-4 / M-3 (lado del trazo de canal)	1.86	10.5
La Laja	C-5 / M-3 (lado de reservorio)	1.88	10.67
	C-6 / M-3 (lado del trazo de canal)	1.87	10.97
Granadillo-Nogal	C-7 / M-3 (lado de reservorio)	1.89	10.83
	C-8 / M-3 (lado del trazo de canal)	1.89	10.96
El Trapiche	C-9 / M-3 (lado de reservorio)	1.89	10.52
	C-10 / M-3 (lado del trazo de canal)	1.83	10.21
El Limo	C-11 / M-3 (lado de reservorio)	1.82	10.19
	C-12 / M-3 (lado del trazo de canal)	1.81	10.03
Los Garcia	C-13 / M-3 (lado de reservorio)	1.9	10.77
	C-14 / M-3 (lado del trazo de canal)	1.8	9.83

Límites de consistencia AASHTO – 89 – 60

La consistencia de un suelo es la relativa facilidad con la que puede ser deformado y depende de un contenido de humedad determinado. Para los suelos cohesivos se definen cuatro estados de consistencia: sólido, Semisólido, Plástico, Líquido. La frontera entre tales estados son los llamados: límites de Atterberg.

En este caso las fracciones que pasaron por el tamiz N°40, y en las que se realizaron los ensayos de límites de consistencia de las muestras, se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro N°8.3.5. Valores de los límites de consistencia

CANAL	CALICATA / MUESTRA	LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	HINCHAMIENTO LIBRE (%)	LIMITE DE CONTRACCIÓN (%)
La Aravisca	C-1 / M-3 (lado de reservorio)	45.15	28.88	16.27	14.27	13.94
	C-2 / M-3 (lado del trazo de canal)	46.26	29.38	16.88	15.8	14.24
El Puente	C-3 / M-3 (lado de reservorio)	47.6	31.85	15.75	14.35	13.95
	C-3A / M-3 (lado del reservorio)	44.1	27	17.1	16	14.27
	C-4/M-3 (lado del trazo de canal)	65.25	26.98	38.27	37.3	34.64
La Laja	C-5 / M-3 (lado de reservorio)	65.4	27.73	37.67	34.64	32.46
	C-6/M-3 (lado del trazo de canal)	65.5	28.29	37.21	35.3	31.34
Granadillo -Nogal	C-7 / M-3 (lado de reservorio)	57.5	30.22	27.28	25.62	23.5
	C-8/M-3 (lado del trazo de canal)	61.3	24.33	36.97	35.64	33.27
El Trapiche	C-9 / M-3 (lado de reservorio)	62.5	25.5	37	36.46	34.78
	C-10/M-3(lado del trazo de canal)	50.8	33.43	17.37	16.6	15.04
El Limo	C-11 / M-3 (lado de reservorio)	52.5	34.25	18.25	17.73	16.45
	C-12/M-3(lado del trazo de canal)	48.5	30.1	18.4	17.58	15.5
Los Garcia	C-13 / M-3 (lado de reservorio)	60.7	25.86	34.84	32.25	31.94
	C-14 / M-3 (lado del trazo de canal)	49.5	31.58	17.92	16.27	15

Ensayos de Corte Directo

Con la finalidad de obtener los parámetros del ángulo de rozamiento interno (ϕ) y la cohesión (C) de los materiales se programaron ensayos de corte, en muestras inalteradas en los suelos del tipo arcilloso, semicompactas, ubicados en diferentes sectores del área del terreno, en los intervalos de 1.00 m. a 1.50 m. de profundidad, considerando el tipo de suelo predominante; ensayándose en estado natural (ver cuadro de resultados).

Cuadro N°8.3.6. Valores del ángulo de rozamiento y la cohesión

CANAL	CALICATA / MUESTRA		PROFUNDIDAD (m)	ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO(ϕ)	COHESIÓN (C) Kg/cm ²	PESO VOLUMETRICO gr/cm ³
La Aravisca	C-1 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	27°	0.12	1.75
	C-2 / M-3	lado trazo de canal		27°	0.11	1.76
El Puente	C-3 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	27°	0.1	1.77
	C-3A / M-3	lado de reservorio		25°	0.095	1.78
	C-4 / M-3	lado trazo de canal		29°	0.09	1.76
La Laja	C-5 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	25°	0.1	1.8
	C-6 / M-3	lado trazo de canal		25°	0.11	1.77
El Granadillo- Nogal	C-7 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	26°	0.09	1.78
	C-8 / M-3	lado trazo de canal		25°	0.075	1.82
El Trapiche	C-9 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	25°	0.08	1.83
	C-10 / M-3	lado trazo de canal		27°	0.12	1.79
El Limo	C-11 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	27°	0.13	1.77
	C-12 / M-3	lado trazo de canal		28°	0.085	1.79
Los Garcia	C-13 / M-3	lado de reservorio	1.00 - 1.50	26°	0.095	1.8
	C-14 / M-3	lado trazo de canal		28°	0.12	1.78

➤ Análisis Geotécnico

Cimentación

Capacidad de Carga Última ($Q_{ult.}$)

Llamada también capacidad última de carga del suelo de cimentación. Es la carga que puede soportar un suelo sin que su estabilidad sea amenazada. Para la aplicación de *la capacidad portante*, se aplica la teoría de Terzaghi para zapatas continuas de base rugosa en el caso de un medio friccionante o medianamente denso, también se hace extensivo para el caso de zapatas cuadradas y zapatas circulares. Se debe indicar que de acuerdo a las excavaciones se identificaron suelos del tipo arcilloso (CL) en promedio en donde se realiza el análisis de la cimentación para diferentes profundidades, considerando que los suelos son considerados como medianamente densos:

Zapata aislada cuadrada:

$$Q_{ult.} = 1,3*(c*N'_c) + (\gamma*D_f*N'_q) + (0,4*\gamma*B*N'\gamma)$$

Cimiento corrido - zapata continua:

$$Q_{ult} = (c*N'_c) + (\gamma*D_f*N'_q) + (0,5*\gamma*B*N'\gamma)$$

Capacidad Admisible (Q_{adm})

Denominado también como "Carga de Trabajo" y "Presión de Diseño", es la capacidad admisible del terreno que se deberá usar como parámetro de diseño de la estructura:

$$Q_{adm} = Q_{ult.} / FS$$

Dónde:

- γ : Peso volumétrico (gr/cm^3)
- ϕ : ángulo de rozamiento interno (grados)
- Q_{ult} : Capacidad de carga ultima o capacidad portante (kg/cm^2)
- N'_q , N'_γ y N'_c : coeficientes de capacidad de carga para falla local.
- FS : factor de seguridad (3.0)
- Q_{adm} : capacidad admisible Q_{ult}/f
- B : ancho de zapata (m)
- D_f : profundidad de cimentación (m)
- C : cohesion kg/cm^2
- C' : 2/3 cohesion

A continuación cuadro, graficas, y resultados de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos (caso canal la Aravisca y canal los García)

DR. DANTE LLANOS CAYCHO

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

ANALISIS QUIMICO POR AGRESIVIDAD

OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
SOLICITA	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 (CANAL LA ARAVISCA - LADO TRAZO DE CANAL)
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014 COORDENADAS : N 9437486 Y E 0627526

MUESTRA	PROFUNDIDADES m.	SALES SOLUBLES %.	CLORUROS %.	SULFATOS %.	CARBONATOS %.
C - 2 / M - 2	0.30 - 1.00	0.5100	0.0450	0.0430	0.0000
C - 2 / M - 3	1.00 - 1.50	0.4600	0.0480	0.0440	0.0000


Dr. Ing° Dante Ulises Llanos Caycho
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163


RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

HUMEDAD NATURAL

SOLICITANTE	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA	
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA	
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA	
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 (CANAL LA ARAVISCA - LADO TRAZO DE CANAL)	COORDENADAS : N 9437486 Y E 0627526
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014	

CALICATA Y MUESTRA	PROFUNDIDAD m	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		VACIO	PESO (Gr.)		HUMEDAD %
			+SUELO HUMEDO	+SUELO SECO		AGUA	SUELO SECO	
C - 2 / M - 2	0.30 - 1.00	170	258.00	242.80	38.20	15.20	204.60	7.43
C - 2 / M - 3	1.00 - 1.50	18	260.65	239.65	30.19	21.00	209.46	10.03


Dr. Ing. Dante Ulises Llanos Cay
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO

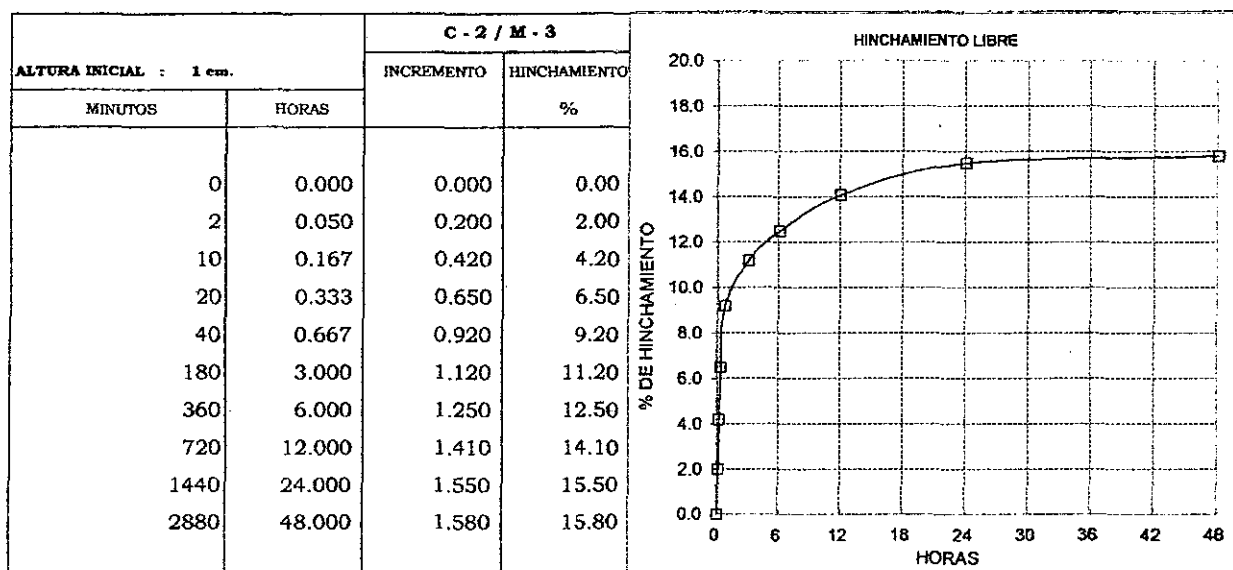
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
SOLICITA	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
LUGAR	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 / M - 3 (CANAL LA ARAVISCA - LADO TRAZO DE CANAL)
COORDENADAS	:	N 9437486 Y E 0627526
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014 PROF. 1.00 - 1.50m.

HINCHAMIENTO LIBRE DE SUELOS**CONTRACCION DE SUELOS**

MUESTRA	PROF. m	ANILLO N°	PESO HUMEDO gr.	PESO SECO gr.	VOLUMEN INICIAL cm3	VOLUMEN FINAL cm3	LIMITE DE CONTRACCION %
C - 2 / M - 3	1,00 - 1,50	7B	274.30	240.10	37.54	37.54	14.24

(Signature)
 Dr. Ing° Dante Ulises Llanos Caycho
 INGENIERO GEOLOGO
 Ren. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

LIMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTE	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 / M - 3 (CANAL LA ARAVISCAS - LADO TRAZO DE CANAL)
COORDENADAS	:	N 9437486 Y E 0627526
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014 PROF. 1.00 - 1.50m.

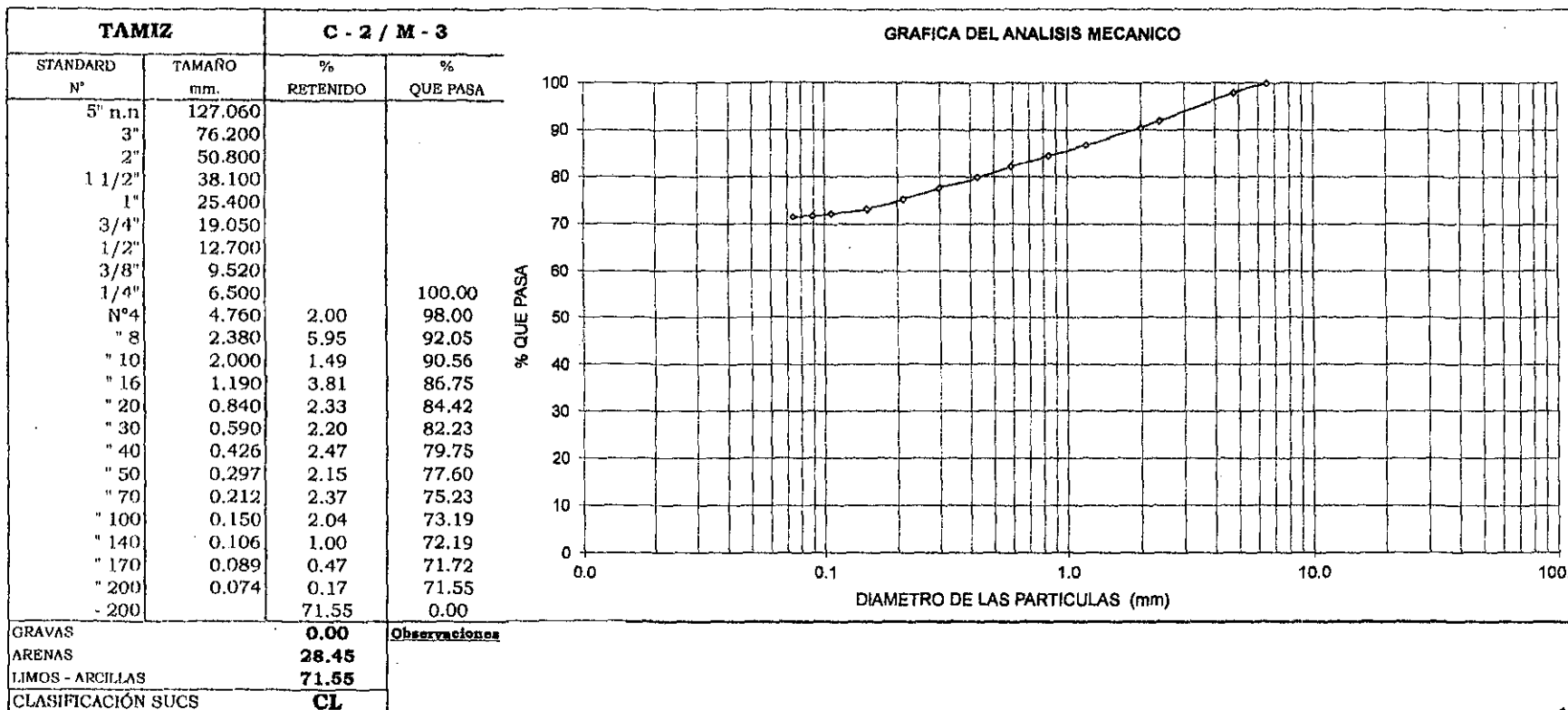
1.- LIMITE LIQUIDO ASTM 423-66							
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
16	1A	40.76	32.30	8.46	15.30	17.00	49.76
22	5A	38.61	31.10	7.51	15.20	15.90	47.23
27	4A	36.50	29.80	6.70	15.10	14.70	45.58
32	2B	34.28	28.40	5.88	15.10	13.30	44.21
2.- LIMITE PLASTICO ASTM D424-59							
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
1B	28.87	25.80	3.07	15.30	10.50	29.24	29.38
3A	28.80	25.70	3.10	15.20	10.50	29.52	
							L.L. = 46.20
							IP = 16.82

(Signature)
 Dr. Ing° Dante Ulises Llanos Caycho
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO
 ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA
 CIP: 29163 RUC N°: 10026285238
 E-MAIL: DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

SOLICITANTE	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA	
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA	
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA	
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 / M - 3 (CANAL LA ARAVISCA - LADO TRAZO DE CANAL)	COORDENADAS : N 9437486 Y E 0627526
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014	PROF. 0.30 - 1.00m.




Dr. Ing° Dante Ulises Llanos Caycho
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

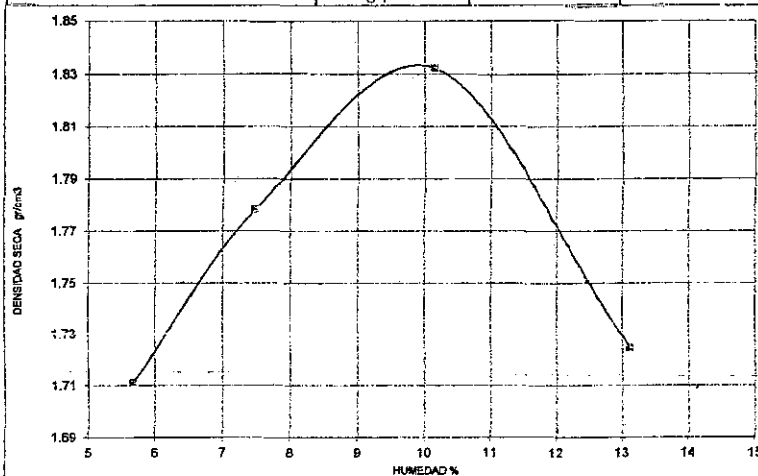
RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

PRUEBA DE COMPACTACION**PROCTOR MODIFICADO AASTHO T-180-D**

SOLICITANTE	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 / M - 3 (CANAL LA ARAVISCAS - LADO TRAZO DE CANAL)
COORDENADAS	:	N 9437486 Y E 0627526
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014 PROF. 1.00 - 1.50m.

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4
1- Peso Suelo Humedo+ Molde	gr.	7782.0	7990.0	8206.0	8070.00
2- Peso Molde	gr.	4123.0	4123.0	4123.0	4123.0
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3659.0	3867.0	4083.0	3947.00
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.00
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	1.81	1.91	2.02	1.95
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	262.00	223.70	239.40	271.00
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	250.00	210.98	221.94	244.20
8- Peso Tara	gr.	39.00	41.00	50.00	40.00
9- Peso Agua (6-7)	gr.	12.00	12.72	17.46	26.80
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	211.00	169.98	171.94	204.20
11- Humedad % (9/10)x100	%	5.69	7.48	10.15	13.12
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.71	1.78	1.83	1.72

**MUESTRA:**

MOLDE N°	4
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56

DENSIDAD MAXIMA**1.83 Gr/cm³****HUMEDAD OPTIMA****10.15 %**

(Signature)
 Dr. Ing° Dante Ulises Llanos Caycho
 INGENIERO GEOLOGO
 P. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISESS2@HOTMAIL.COM

CAPACIDAD PORTANTE y PRESION DE TRABAJO.

SOLICITANTE	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 2 (CANAL LA ARAVISCAS - LADO TRAZO DE CANAL)
COORDENADAS	:	N 9437486 Y E 0627826
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014

TIPO DE ESTRUCTURA	Df	B	g	c	f	N _c	N _q	N _g	Q _c	P _t
	m	m	gr/cm ³	Kg/cm ²					Kg/cm ²	Kg/cm ²
CIMENTOS CORRIDOS	1.00	0.60	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	2.92	0.97
	1.20	0.60	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	3.13	1.04
	1.30	0.60	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	3.24	1.08
	1.50	0.60	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	3.45	1.15
	2.00	0.60	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	3.98	1.33
	1.00	0.80	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	2.96	0.99
	1.20	0.80	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	3.17	1.06
	1.30	0.80	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	3.27	1.09
	1.50	0.80	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	3.48	1.16
	2.00	0.80	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	4.01	1.34
	1.00	1.00	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	2.99	1.00
	1.20	1.00	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	3.20	1.07
	1.30	1.00	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	3.31	1.10
	1.50	1.00	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	3.52	1.17
	2.00	1.00	1.76	0.110	27	16.0	6.0	2.0	4.05	1.35

DONDE:

g	:	PESO VOLUMETRICO	Df	:	PROFUNDIDAD DE CIMENTACION
f	:	ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO	P _t	:	PRESION DE TRABAJO : Q _c /F
Q _c	:	CAPACIDAD PORTANTE	B	:	ANCHO DE CIMIENTO y/o ZAPATAS
N _q , N _g y N _c	:	COEFICIENTES DE CAPACIDAD PORTANTE	F	:	FACTOR DE SEGURIDAD : 3

(Handwritten signature)
Dr. Ing. Dante Ulises Llanos Caycho
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

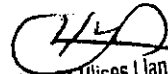
RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

ANALISIS QUIMICO POR AGRESIVIDAD

OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA			
SOLICITA	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA			
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA			
MUESTRA	:	CALICATA C - 13 (CANAL LOS GARCIA - LADO RESERVORIO)			
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014		COORDENADAS : N 9437343 Y E 0626449	

MUESTRA	PROFUNDIDADES m.	SALES SOLUBLES %.	CLORUROS %.	SULFATOS %.	CARBONATOS %.
C - 13 / M - 2	0.30 - 1.00	0.4800	0.0550	0.0380	0.0000
C - 13 / M - 3	1,00 - 1,50	0.4400	0.0590	0.0440	0.0000


Dr. Ing° Dante Ulises Llanos Cayc:
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

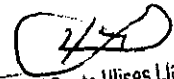
RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

HUMEDAD NATURAL

SOLICITANTE	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 13 (CANAL LOS GARCIA - LADO RESERVORIO)
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014
COORDENADAS : N 9437343 Y E 0626449		

CALICATA Y MUESTRA	PROFUNDIDAD m	TARRO N°	PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		VACIO	PESO (Gr.)		HUMEDAD %
			+SUELO HUMEDO	+SUELO SECO		AGUA	SUELO SECO	
C - 13 / M - 2	0.30 - 1.00	21	177.80	159.70	29.50	18.10	130.20	13.90
C - 13 / M - 3	1.00 - 1.50	177	142.40	128.40	29.60	14.00	98.80	14.17


Dr. Ing. Dante Ulises Llanos Caycho
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO

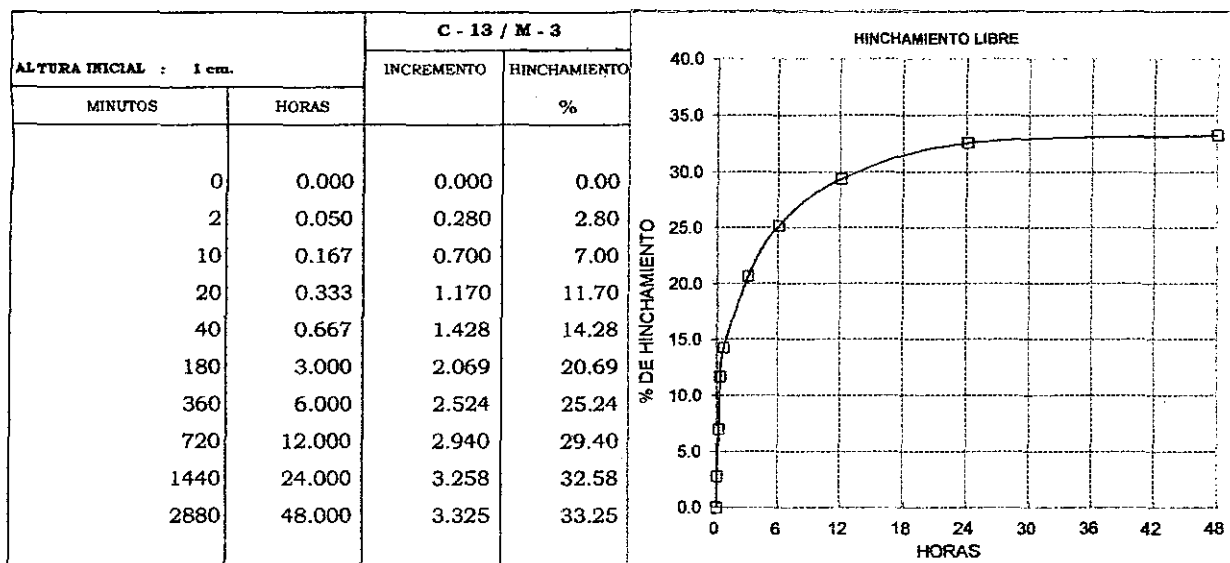
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
SOLICITA	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
LUGAR	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 13 / M - 3 (CANAL LOS GARCIA - LADO RESERVOIRIO)
COORDENADAS	:	N 9437343 Y E 0626449
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014 PROF. 1.00 - 1.50m.

HINCHAMIENTO LIBRE DE SUELOS**CONTRACCION DE SUELOS**

MUESTRA	PROF.	ANILLO	PESO HUMEDO	PESO SECO	VOLUMEN INICIAL	VOLUMEN FINAL	LIMITE DE CONTRACCION
	m	N°	gr.	gr.	cm3	cm3	%
C - 13 / M - 3	1,00 - 1,50	22	186.20	141.1	36.83	36.83	31.94

(Signature)
 Dr. Ing° Dante Ulises Llanos Caycho
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

LIMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTE	:	BACH, RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 13 / M - 3 (CANAL LOS GARCIA - LADO RESERVORIO)
COORDENADAS	:	N 9437343 Y E 0626449
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014
PROF. 1.00 - 1.50m.		

1.- LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
15	110	45.00	33.16	11.84	15.30	17.86	66.29
20	95	40.20	30.58	9.62	15.20	15.38	62.55
27	50	38.61	29.98	8.63	15.20	14.78	58.39
35	20	36.37	28.92	7.45	15.25	13.67	54.50
2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
1B	29.04	26.20	2.84	15.30	10.90	26.06	25.86
3A	28.40	25.73	2.67	15.32	10.41	25.67	
							L.L. = 60.70 IP = 34.84

Dr. Ing. Dante Ulises Llanos Caycho

 INGENIERO GEOLOGO


 P.º CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO
 ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA
 CIP: 29163 RUC N°: 10026285238
 E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

SOLICITANTE	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA	
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA	
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA	
MUESTRA	:	CALICATA C - 13 / M - 2 (CANAL LOS GARCIA - LADO RESERVORIO)	COORDENADAS : N 9437343 Y E 0626449
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014	PROF. 1.00 - 1.50m.

TAMIZ		C - 13 / M - 3		GRAFICA DEL ANALISIS MECANICO
STANDARD N°	TAMAÑO mm.	% RETENIDO	% QUE PASA	
5" n.n	127.060			
3"	76.200			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.520			
1/4"	6.500		100.00	
N°4	4.760	0.44	99.56	
" 8	2.380	0.56	99.01	
" 10	2.000	0.31	98.70	
" 16	1.190	0.29	98.41	
" 20	0.840	0.27	98.14	
" 30	0.590	0.24	97.90	
" 40	0.426	0.27	97.63	
" 50	0.297	0.17	97.45	
" 70	0.212	0.21	97.24	
" 100	0.150	0.24	97.00	
" 140	0.106	0.15	96.85	
" 170	0.089	0.12	96.73	
" 200	0.074	0.12	96.61	
- 200		96.61	0.00	
GRAVAS		0.00		Observaciones
ARENAS		3.39		
LIMOS - ARCILLAS		96.61		
SUCS		CH		

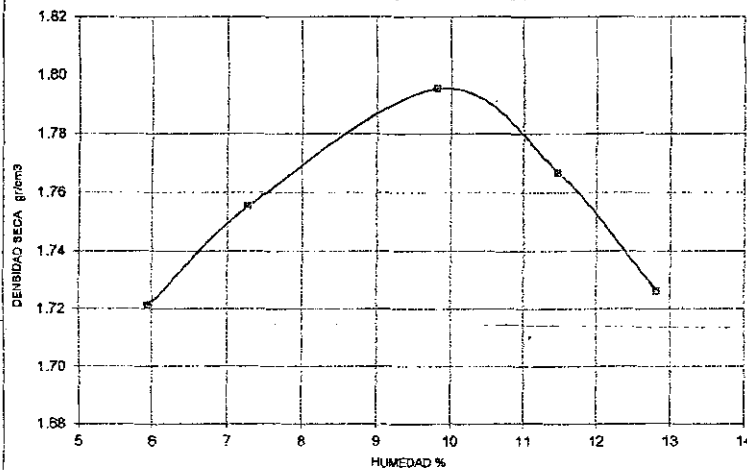

 Dr. Ing° Dante Ulises Llanos Caycho
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 29163

DR. DANTE LLANOS CAYCHO .
 ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA
 CIP: 29163 RUC N°: 10026285238
 E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

PRUEBA DE COMPACTACION
PROCTOR MODIFICADO AASTHO T-180-D

SOLICITANTE	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 14 / M - 3 (CANAL LOS GARCIA - LADO RESERVORIO)
COORDENADAS	:	N 9437343 Y E 0626449
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014 PROF. 1.00 - 1.50m.

DENSIDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
1- Peso Suelo Humedo+Molde	gr.	7680.0	7800.5	7980.0	7975.4	7930.0
2- Peso Molde	gr.	3990.9	3990.9	3990.9	3990.9	3990.9
3- Peso del Suelo Humedo (1-2)	gr.	3689.1	3809.6	3989.1	3984.5	3939.1
4- Volumen Molde	cm ³	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0	2023.0
5- Densidad Suelo Humedo (3/4)	gr/cm ³	1.82	1.88	1.97	1.97	1.95
HUMEDAD	UNIDADES	1	2	3	4	5
6- Peso Tara y Suelo Humedo	gr.	250.20	197.98	230.00	272.40	273.50
7- Peso Tara y Suelo Seco	gr.	238.25	187.15	212.85	248.15	246.65
8- Peso Tara	gr.	37.15	38.40	38.35	36.95	37.15
9- Peso Agua (6-7)	gr.	11.95	10.83	17.15	24.25	26.85
10- Peso Suelo Seco (7-8)	gr.	201.10	148.75	174.50	211.20	209.50
11- Humedad % (9/10)x100	%	5.94	7.28	9.83	11.48	12.82
12- Densidad Seca :	gr/cm ³	1.72	1.76	1.80	1.77	1.73



MOLDE N°	4
N° CAPAS	5
PESO MARTILLO	10 lb
ALTURA DE CAIDA	18 Pulg.
N° GOLPES x CAPA	56
DENSIDAD MAXIMA	1.80 Gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA	9.83 %


 Dr. Ing° Dante Ulises Llanos Caycho
 INGENIERO GEOLOGO
 RUC CIP N° 29163

DR. DANTE LIANOS CAYCHO

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

RUC N°: 10026285238

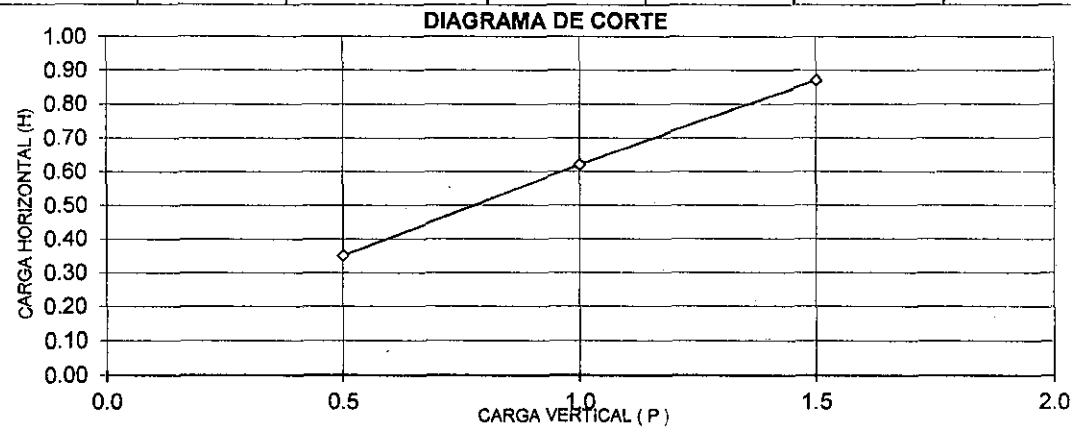
E-MAIL : DANTEULISES52@HOTMAIL.COM

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

SOLICITANTE	:	BACH. RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 13 (CANAL LOS GARCIA - LADO RESERVORIO)
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014
		PROFUNDIDAD : 1.00 - 1.50m.
		COORDENADAS : N 9437343 Y E 0626449

HUMEDAD NATURAL						PESO VOLUMETRICO (con anillo)					
TARA	C.+ M.H.	C.+ M.S.	AGUA	P.M.S.	W	N° ANILLO	PESO ANILLO	P. ANILLO+ M	PESO M.	VOL. ANILLO	g
41.00	252.00	222.30	29.70	181.30	16.38	1	44.1	133.0	88.9	50.32	1.77
						2	44.1	135.0	90.9	50.32	1.81
						3	44.1	130.0	85.9	50.32	1.71

Observaciones			
Fecha Cons.			
Fecha Corte			
PROMEDIO HUMEDAD NATURAL		16.38	%
PROMEDIO PESO VOLUMETRICO		1.76	Gr/Cm ³
PESO VOLUMETRICO SUMERGIDO			
N° ANILLO	1	2	3
Carga vertical	0.50	1.00	1.50
Carga horizontal	0.35	0.62	0.87
Tangente (tg f)		0.52	
Angulo de talud (f)		27 °	
Cohesion (C)		0.080	Kgr/cm ²



DR. DANTE LLANOS CAYCHO

ESPECIALISTA EN GEOLOGIA Y GEOTECNIA

CIP: 29163

RUC N°: 10026285238

E-MAIL : DANTEULISES2@HOTMAIL.COM

CAPACIDAD PORTANTE y PRESION DE TRABAJO.

SOLICITANTE	:	BACH, RICHARD CORDOVA CARHUAPOMA
OBRA	:	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
UBICACIÓN	:	CASERIO DE MOSSA - DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA - MORROPON - PIURA
MUESTRA	:	CALICATA C - 13 (CANAL LOS GARCIA - LADO RESERVOIRIO)
COORDENADAS	:	N 9437343 Y E 0626449
FECHA	:	PIURA, 11 DE MARZO DEL 2014

TIPO DE ESTRUCTURA	Df m	B m	g gr/cm ³	c Kg/cm ²	f	Nc	Nq	Ng	Qc Kg/cm ²	Pt Kg/cm ²
ZAPATAS CUADRADAS	1.00	1.00	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.03	1.01
	1.20	1.00	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.23	1.08
	1.30	1.00	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.33	1.11
	1.50	1.00	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.53	1.18
	2.00	1.00	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	4.03	1.34
	1.00	1.20	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.06	1.02
	1.20	1.20	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.26	1.09
	1.30	1.20	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.36	1.12
	1.50	1.20	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.56	1.19
	2.00	1.20	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	4.05	1.35
	1.00	1.50	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.09	1.03
	1.20	1.50	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.29	1.10
	1.30	1.50	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.39	1.13
	1.50	1.50	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.59	1.20
	2.00	1.50	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	4.09	1.36
	1.00	0.45	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	2.54	0.85
	1.20	0.45	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	2.74	0.91
	1.30	0.45	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	2.84	0.95
	1.50	0.45	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.03	1.01
	2.00	0.45	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.53	1.18
CIMENTOS CORRIDOS	1.00	0.60	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	2.56	0.85
	1.20	0.60	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	2.76	0.92
	1.30	0.60	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	2.86	0.95
	1.50	0.60	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.06	1.02
	2.00	0.60	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.56	1.19
	1.00	0.75	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	2.58	0.86
	1.20	0.75	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	2.78	0.93
	1.30	0.75	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	2.88	0.96
	1.50	0.75	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.08	1.03
	2.00	0.75	1.81	0.095	26	15.5	5.5	1.7	3.58	1.19

DONDE:

g : PESO VOLUMETRICO
f : ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO
Qc : CAPACIDAD PORTANTE
Nq, Ng y Nc : COEFICIENTES DE CAPACIDAD PORTANTE

Df : PROFUNDIDAD DE CIMENTACION
Pt : PRESION DE TRABAJO : Qc/F
B : ANCHO DE CIMIENTO y/o ZAPATAS
F : FACTOR DE SEGURIDAD : 3

(Firma)
Dr. Ing° Dante Ulises Llanos Caycho
INGENIERO GEOLOGO
Ren. CIP N° 29163

ANEXO N°8.4

➤ Cálculos por Software H- canales V.3.0, (ejm. Canal La Aravisca).

Tramo 0+000 – 0+026.541

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	CANAL LA ARAVISCA	Proyecto:	MEJORAMIENTO HIDRÁULICO
Tramo:	0+000 - 0+026.541	Revestimiento:	CONCRETO $f'c = 175\text{kg/cm}^2$

Datos:	
Caudal (Q):	0.05 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.3 m
Telud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.015
Pendiente (S):	0.04146 m/m

Resultados:	
Tirante normal (y):	0.0855 m
Área hidráulica (A):	0.0256 m ²
Espejo de agua (T):	0.3000 m
Número de Froude (F):	2.1296
Tipo de flujo:	Supercrítico
Perímetro (p):	0.4709 m
Radio hidráulico (R):	0.0544 m
Velocidad (v):	1.9500 m/s
Energía específica (E):	0.2793 m-Kg/Kg

Tramo 0+031.288 – 0+142.517

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	CANAL LA ARAVISCA	Proyecto:	MEJORAMIENTO HIDRÁULICO
Tramo:	0+031.288 - 0+142.517	Revestimiento:	CONCRETO $f'c = 175\text{kg/cm}^2$

Datos:	
Caudal (Q):	0.05 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.3 m
Telud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.015
Pendiente (S):	0.09916 m/m

Resultados:	
Tirante normal (y):	0.0632 m
Área hidráulica (A):	0.0190 m ²
Espejo de agua (T):	0.3000 m
Número de Froude (F):	3.3462
Tipo de flujo:	Supercrítico
Perímetro (p):	0.4265 m
Radio hidráulico (R):	0.0445 m
Velocidad (v):	2.6356 m/s
Energía específica (E):	0.4173 m-Kg/Kg

Tramo 0+142.517 – 0+612.416

▼ Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	CANAL LA ARAVISCA	Proyecto:	MEJORAMIENTO HIDRÁULICO
Tramo:	0+142.517 - 0+612.416	Revestimiento:	CONCRETO $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Datos:

Caudal (Q):	0.05	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.3	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.05438	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.0777	m	Perímetro (p):	0.4555	m
Area hidráulica (A):	0.0233	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0512	m
Espejo de agua (T):	0.3000	m	Velocidad (v):	2.1437	m/s
Número de Froude (F):	2.4547		Energía específica (E):	0.3120	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Tramo 0+652.774 – 0+687.457

▼ Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	CANAL LA ARAVISCA	Proyecto:	MEJORAMIENTO HIDRÁULICO
Tramo:	0+652.774 - 0+687.457	Revestimiento:	CONCRETO $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Datos:

Caudal (Q):	0.05	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.30	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.19122	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.0507	m	Perímetro (p):	0.4014	m
Area hidráulica (A):	0.0152	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0379	m
Espejo de agua (T):	0.3000	m	Velocidad (v):	3.2883	m/s
Número de Froude (F):	4.6634		Energía específica (E):	0.6018	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				


Tramo 0+687.457 - 0+811.919

▼ Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	CANAL LA ARAVISCA	Proyecto:	MEJORAMIENTO HIDRÁULICO
Tramo:	0+687.457 - 0+811.919	Revestimiento:	CONCRETO $f'c = 175\text{kg/cm}^2$

Datos:

Caudal (Q):	0.05	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.3	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.05989	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.0752	m	Perímetro (p):	0.4504	m
Área hidráulica (A):	0.0226	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0501	m
Espejo de agua (T):	0.3000	m	Velocidad (v):	2.2167	m/s
Número de Froude (F):	2.5811		Energía específica (E):	0.3256	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

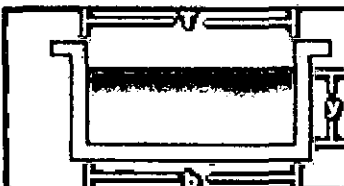
Tramo 0+816.919 - 0+882.276

▼ Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	CANAL LA ARAVISCA	Proyecto:	MEJORAMIENTO HIDRÁULICO
Tramo:	0+816.919 - 0+882.276	Revestimiento:	CONCRETO $f'c = 175\text{kg/cm}^2$

Datos:

Caudal (Q):	0.05	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.30	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.08985	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.0654	m	Perímetro (p):	0.4308	m
Área hidráulica (A):	0.0196	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0455	m
Espejo de agua (T):	0.3000	m	Velocidad (v):	2.5485	m/s
Número de Froude (F):	3.1817		Energía específica (E):	0.3964	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

ANEXO N°8.5



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

INFORME DE ANALISIS - D.A.I.Q - UNP / 2014

MUESTRA : AGUA SUPERFICIAL

PROCEDENCIA : CANAL LA ARAVISCA - QUEBRADA LA ARAVISCA -
CASERIO DE MOSSA DISTRITO SANTA CATALINA DE
MOSSA- MORROPÓN - PIURA

COORDENADAS: 17M - 0627756 ALTITUD : 1,835 msnm
UTM 9437840

SOLICITANTE : PROYECTO DE TESIS: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO
DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA- DISTRITO SANTA CATALINA
DE MOSSA-MORROPÓN - PIURA

PRESENTACIÓN: BOTELLA PLASTICA DE 500ml


FECHA DE RECEPCIÓN: PIURA, 01 DE ABRIL 2014

RESULTADOS

DETERMINACIÓN	ppm mg/L
Dureza total (CaCO_3) (ppm)	80.00
Calcio (Ca^{++}) (ppm)	28.00
Magnesio (Mg^{++}) (ppm)	7.20
Cloruros (Cl^-) (ppm)	24.82
Sulfatos (SO_4^{-2}) (ppm)	52.20
Carbonatos (CO_3^{-}) (ppm)	0.00
Bicarbonatos (HCO_3^{-}) (ppm)	38.40
Nitritos (NO_2^-) (ppm)	0.00
Nitratos (NO_3^-) (ppm)	0.56
Sodio (Na^+) ppm	10.30
Potasio (K^+) (ppm)	3.30
Sólidos totales disueltos (ppm)	80.10
Conductividad (μ siemens/cm)	122.00
pH	7.07

CONCLUSIÓN: CALIDAD FISICA Y QUIMICA DEL AGUA MUY BUENA

PIURA, 14 DE ABRIL DE 2014


Juan Francisco Cruz Gutiérrez
INGENIERO QUIMICO
CIP 18576



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

INFORME DE ANALISIS - D.A.I.Q - UNP / 2014

MUESTRA : AGUA SUPERFICIAL

PROCEDENCIA : CANAL LOS GARCIA - QUEBRADA DE MOSSA - CASERIO DE MOSSA
DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA
MORROPÓN - PIURA

COORDENADAS: 17M - 0726710 ALTITUD : 1,507 msnm
UTM 9436766

SOLICITANTE : PROYECTO DE TESIS: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO
DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA- DISTRITO SANTA CATALINA
DE MOSSA-MORROPÓN - PIURA

PRESENTACIÓN: BOTELLA PLASTICA DE 500ml

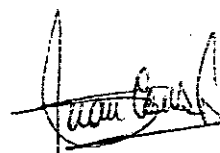
FECHA DE RECEPCIÓN: PIURA, 01 DE ABRIL 2014

RESULTADOS

DETERMINACIÓN	ppm mg/L
Dureza total (CaCO_3) (ppm)	55.00
Calcio (Ca^{++}) (ppm)	16.00
Magnesio (Mg^{++}) (ppm)	3.60
Cloruros (Cl^-) (ppm)	24.82
Sulfatos (SO_4^{-2}) (ppm)	36.20
Carbonatos (CO_3^{--}) (ppm)	0.00
Bicarbonatos (HCO_3^-) (ppm)	30.50
Nitritos (NO_2^-) (ppm)	0.00
Nitratos (NO_3^-) (ppm)	0.72
Sodio (Na^+) ppm	10.40
Potasio (K^+) (ppm)	3.30
Solidos totales disueltos (ppm)	75.20
Conductividad (μ siemens/cm)	116.00
pH	7.08

CONCLUSIÓN: CALIDAD FISICA Y QUIMICA DEL AGUA MUY BUENA

PIURA, 14 DE ABRIL DE 2014


Francisco Cruz Gutiérrez
INGENIERO QUIMICO
CIP 18576



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

INFORME DE ANALISIS - D.A.I.Q - UNP / 2014

MUESTRA : AGUA SUPERFICIAL

PROCEDENCIA : CANAL EL PUENTE - QUEBRADA LA ARAVISCA CASERIO DE MOSSA
DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA
MORROPÓN - PIURA

COORDENADAS: 17M - 0627105 ALTITUD : 1,686 msnm
UTM 9437853

SOLICITANTE : PROYECTO DE TESIS: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO
DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA- DISTRITO SANTA CATALINA
DE MOSSA-MORROPÓN - PIURA

PRESENTACIÓN: BOTELLA PLASTICA DE 500ml

FECHA DE RECEPCIÓN: PIURA, 01 DE ABRIL 2014

RESULTADOS

DETERMINACIÓN	ppm mg/L
Dureza total (CaCO_3) (ppm)	90.00
Calcio (Ca^{++}) (ppm)	26.00
Magnesio (Mg^{++}) (ppm)	6.00
Cloruros (Cl^-) (ppm)	21.27
Sulfatos (SO_4^{-2}) (ppm)	52.10
Carbonatos (CO_3^{-}) (ppm)	0.00
Bicarbonatos (HCO_3^-) (ppm)	42.70
Nitritos (NO_2^-) (ppm)	0.00
Nitratos (NO_3^-) (ppm)	0.67
Sodio (Na^+) ppm	9.00
Potasio (K^+) (ppm)	2.80
Sólidos totales disueltos (ppm)	77.20
Conductividad (μ siemens/cm)	114.00
pH	7.05

CONCLUSIÓN: CALIDAD FISICA Y QUIMICA DEL AGUA MUY BUENA

PIURA, 14 DE ABRIL DE 2014


Francisco Cruz Gutiérrez
INGENIERO QUIMICO
CIP 18576



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

INFORME DE ANALISIS - D.A.I.Q - UNP / 2014

MUESTRA : AGUA SUPERFICIAL

PROCEDENCIA : CANAL GRANADILLO-NOGAL, MANANTIAL PALO BLANCO - CIENEGO, CASERIO DE MOSSA, DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA, MORROPÓN - PIURA

COORDENADAS: 17M - 0627325 ALTITUD : 1,732 msnm
UTM 9437840

SOLICITANTE : PROYECTO DE TESIS: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA- DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA-MORROPÓN - PIURA

PRESENTACIÓN: BOTELLA PLASTICA DE 500ml


FECHA DE RECEPCIÓN: PIURA, 01 DE ABRIL 2014

RESULTADOS

DETERMINACIÓN	ppm mg/L
Dureza total (CaCO_3) (ppm)	100.00
Calcio (Ca^{++}) (ppm)	28.00
Magnesio (Mg^{++}) (ppm)	7.20
Cloruros (Cl^-) (ppm)	21.27
Sulfatos (SO_4^{-2}) (ppm)	60.30
Carbonatos (CO_3^{--}) (ppm)	0.00
Bicarbonatos (HCO_3^-) (ppm)	55.00
Nitritos (NO_2^-) (ppm)	0.00
Nitratos (NO_3^-) (ppm)	0.72
Sodio (Na^+) ppm	8.90
Potasio (K^+) (ppm)	2.70
Solidos totales disueltos (ppm)	60.25
Conductividad (μ siemens/cm)	91.00
pH	6.95

CONCLUSIÓN: CALIDAD FISICA Y QUIMICA DEL AGUA MUY BUENA

PIURA, 14 DE ABRIL DE 2014


Francisco Cruz Gutiérrez
INGENIERO QUIMICO
CIP 66576



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

INFORME DE ANALISIS - D.A.I.Q - UNP / 2014

MUESTRA : AGUA SUPERFICIAL

PROCEDENCIA : CANAL LA LAJA, QUEBRADA LA LAJA -
CASERIO DE MOSSA, DISTRITO SANTA CATALINA DE
MOSSA, MORROPÓN - PIURA

COORDENADAS: 17M - 06227750 ALTITUD : 1,768 msnm
UTM 9437704

SOLICITANTE : PROYECTO DE TESIS: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO
DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA- DISTRITO SANTA CATALINA
DE MOSSA-MORROPÓN - PIURA

PRESENTACIÓN: BOTELLA PLASTICA DE 500ml


FECHA DE RECEPCIÓN: PÍURA, 01 DE ABRIL 2014

RESULTADOS

DETERMINACIÓN	ppm mg/L
Dureza total (CaCO_3) (ppm)	75.00
Calcio (Ca^{++}) (ppm)	22.00
Magnesio (Mg^{++}) (ppm)	4.80
Cloruros (Cl^-) (ppm)	21.27
Sulfatos (SO_4^{-2}) (ppm)	46.20
Carbonatos (CO_3^{--}) (ppm)	0.00
Bicarbonatos (HCO_3^-) (ppm)	36.60
Nitritos (NO_2^-) (ppm)	0.00
Nitratos (NO_3^-) (ppm)	0.80
Sodio (Na^+) ppm	9.10
Potasio (K^+) (ppm)	2.80
Solidos totales disueltos (ppm)	75.40
Conductividad (μ siemens/cm)	110.00
pH	7.04

CONCLUSIÓN: CALIDAD FISICA Y QUIMICA DEL AGUA MUY BUENA

PIURA, 14 DE ABRIL DE 2014


Juan Francisco Cruz García
INGENIERO QUÍMICO
CIP 12576



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

INFORME DE ANALISIS - D.A.I.Q - UNP / 2014

MUESTRA : AGUA SUPERFICIAL

PROCEDENCIA : CANAL EL TRAPICHE - QUEBRADA DE MOSSA - CASERIO DE MOSSA
DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA
MORROPÓN - PIURA

COORDENADAS: 17M - 0626802 ALTITUD : 1,623 msnm
UTM 9437503

SOLICITANTE : PROYECTO DE TESIS: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO
DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA- DISTRITO SANTA CATALINA
DE MOSSA-MORROPÓN - PIURA

PRESENTACIÓN: BOTELLA PLASTICA DE 500ml

FECHA DE RECEPCIÓN: PIURA, 01 DE ABRIL 2014

RESULTADOS

DETERMINACIÓN	ppm mg/L
Dureza total (CaCO_3) (ppm)	85.00
Calcio (Ca^{++}) (ppm)	22.00
Magnesio (Mg^{++}) (ppm)	7.20
Cloruros (Cl^-) (ppm)	24.82
Sulfatos (SO_4^{-2}) (ppm)	48.30
Carbonatos (CO_3^{-}) (ppm)	0.00
Bicarbonatos (HCO_3^-) (ppm)	42.10
Nitritos (NO_2^-) (ppm)	0.00
Nitratos (NO_3^-) (ppm)	0.66
Sodio (Na^+) ppm	10.40
Potasio (K^+) (ppm)	3.30
Sólidos totales disueltos (ppm)	84.30
Conductividad (μ siemens/cm)	128.00
pH	7.10

CONCLUSIÓN: CALIDAD FISICA Y QUIMICA DEL AGUA MUY BUENA

PIURA, 14 DE ABRIL DE 2014


Juan Francisco Cruz Gutiérrez
INGENIERO QUIMICO
CIP 18576



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

INFORME DE ANALISIS - D.A.I.Q - UNP / 2014

MUESTRA : AGUA SUPERFICIAL

PROCEDENCIA : CANAL EL LIMO - MANANTIAL EL NAMUGUERO (AGUAS DEBAJO DE LA C
DE MOSSA) CASERIO DE MOSSA, DISTRITO SANTA CATALINA DE MOSSA
MORROPÓN - PIURA

COORDENADAS: 17M - 0626928 ALTITUD : 1,648 msnm
UTM 9437508

SOLICITANTE : PROYECTO DE TESIS: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO
DE RIEGO DEL CASERIO DE MOSSA- DISTRITO SANTA CATALINA
DE MOSSA-MORROPÓN - PIURA


PRESENTACIÓN: BOTELLA PLASTICA DE 500ml

FECHA DE RECEPCIÓN: PÍURA, 01 DE ABRIL 2014

RESULTADOS

DETERMINACIÓN	ppm mg/L
Dureza total (CaCO_3) (ppm)	70.00
Calcio (Ca^{++}) (ppm)	20.00
Magnesio (Mg^{++}) (ppm)	4.80
Cloruros (Cl^-) (ppm)	21.27
Sulfatos (SO_4^{-2}) (ppm)	40.40
Carbonatos (CO_3^{--}) (ppm)	0.00
Bicarbonatos (HCO_3^-) (ppm)	37.00
Nitritos (NO_2^-) (ppm)	0.00
Nitratos (NO_3^-) (ppm)	0.87
Sodio (Na^+) ppm	8.80
Potasio (K^+) (ppm)	2.70
Solidos totales disueltos (ppm)	82.20
Conductividad (μ siemens/cm)	123.00
pH	7.06

CONCLUSIÓN: CALIDAD FISICA Y QUIMICA DEL AGUA MUY BUENA


Francisco Cruz Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 18576



MUNICIPALIDAD DISTRITAL SANTA CATALINA DE MOSSA
PALTASHACO-MORROPON-PIURA



CONSTANCIA DE CAPACITACIÓN

Piura, 11 de noviembre del 2014

Los que suscriben; presidentes de los comités de usuarios de los Canales de Mossa.

Canal "La Aravisca": Efraín Rojas Domínguez con DNI: 03365830

Canal "El Puente": Fidel Morales López con DNI: 03343700

Canal "El granadillo-Nogal": Hernán U. Román Saavedra con DNI: 03327752

Canal "El Limo": Francisco Morales Pintado con DNI: 03374146

Canal "La Laja": Pedro Pablo Sandoval Ruiz con DNI: 43805066

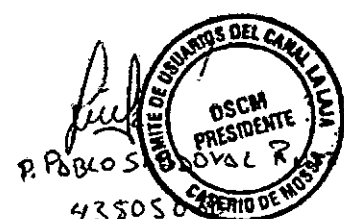



Canal "El trapiche": Enrique Morales Castillo con DNI: 03343592

Canal "Los García": Leandro Zurita Cordova con DNI: 03342735

HACE CONSTAR:

Qué el Sr. Richard Córdova Carhuapoma, bachiller en Ingeniería Agrícola, identificado con DNI N° 45245368, ha ejecutado los talleres de capacitación técnica a los comités de usuarios de los canales del caserío de Mossa, los días 30/06/2013, 05/07/2013, 12/07/2013, 19/07/2013, 18/08/2013, 11/10/2013, 27/02/2014 y 06/07/2014.

Con el fin de mejorar las prácticas de riego y manejo racional del recurso hídrico, operación y mantenimiento del sistema hidráulico y al fortalecimiento de sus organizaciones. Los talleres fueron realizados en el local comunal del caserío de Mossa. En señal de conformidad se extiende el presente documento a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.



ANEXO 8.7: EVIDENCIA FOTOGRAFICA

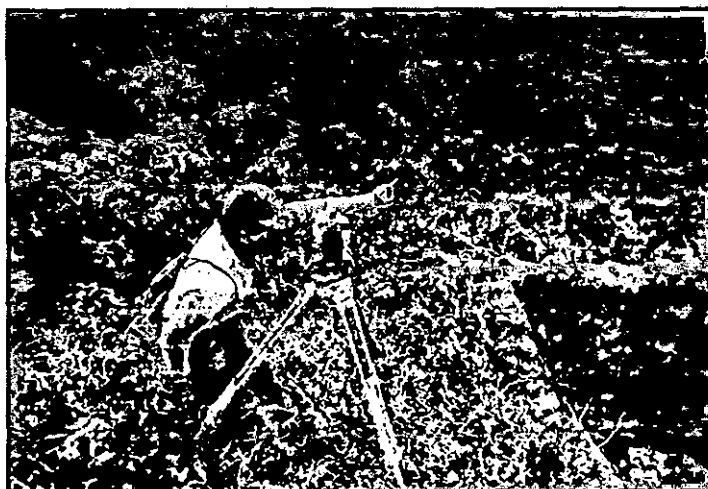


Foto N°01. Realizando el levantamiento topográfico en la zona de estudio con estación total.



Foto N°02. Tomando los puntos para la proyección de canales, obras de arte y reservorios.



Foto N°03. Excavación de calicatas por parte de los usuarios de los canales del caserío de Mossa, se extrajeron 02 muestras de 2 kg de c/uno por calicata, para su análisis en el laboratorio.

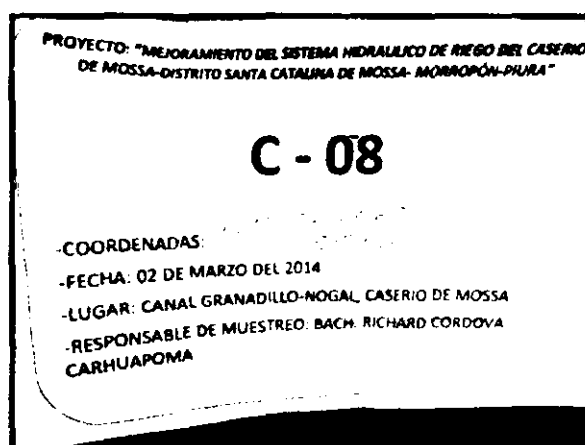


Foto N°04. En la mano uno de los usuarios posee el cartel de identificación de c/calicata, con los datos de ubicación georeferencial, nombre del estudio, el lugar y la fecha de extracción.



Foto N°05. Midiendo la profundidad de la calicata (1.50m).



Foto N°06. Tomando la ubicación de la calicata con Gps., y describiendo las capas de esta.



Foto N°07. Realizando taller técnico formativo con los usuarios de los canales de Mossa, con equipo multimedia.

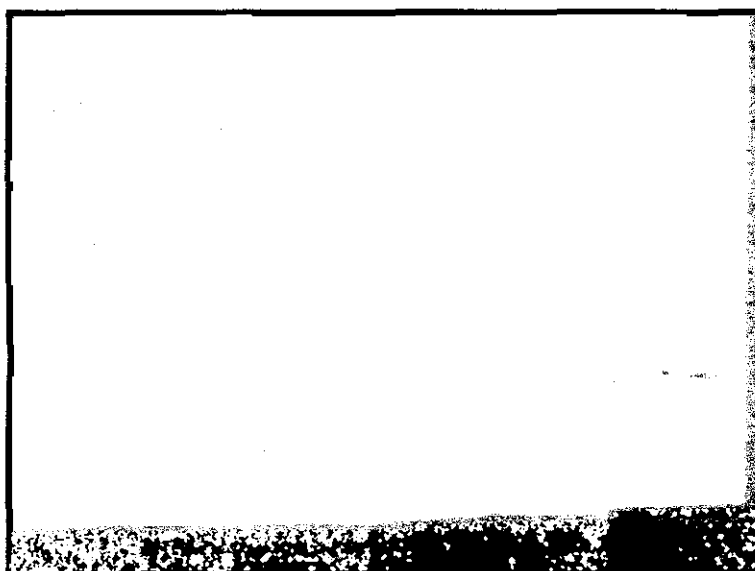


Foto N°08. Tema del taller con los usuarios.

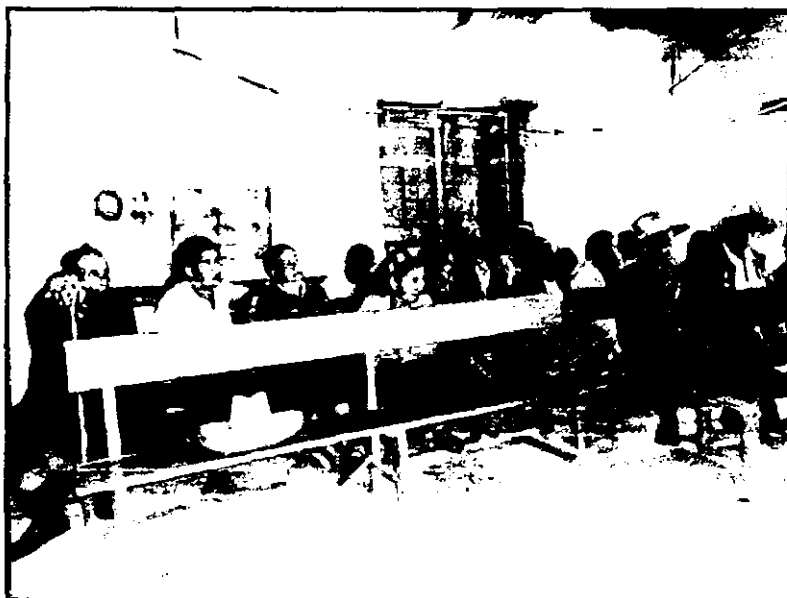


Foto N°09. Participación de los usuarios durante los talleres.



Foto N°10. Culminación de taller con los usuarios.



Foto N°11. Vista panorámica del caserío de Mossa.

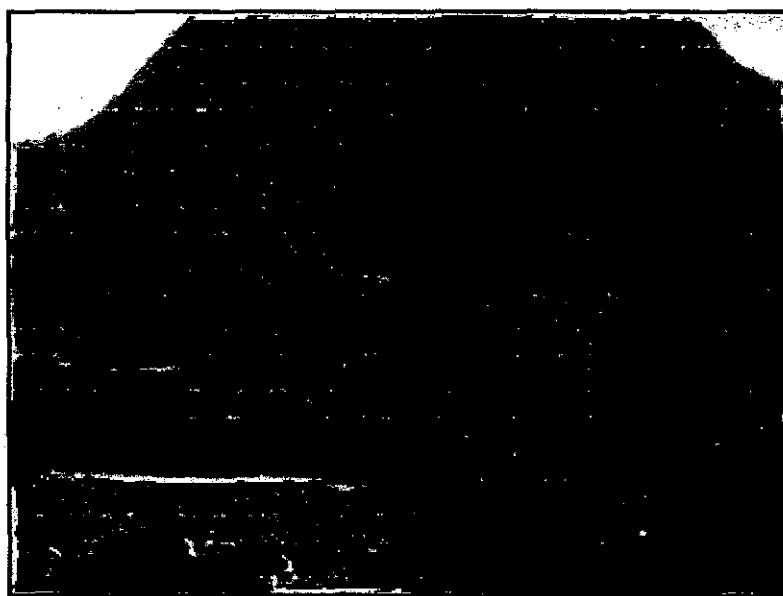


Foto N°12. Vista de invernadas de la zona de estudio.